

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



О. А. Суставов

ПЕТРОГРАФИЯ  
МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ  
ПОРОД, ПЕТРОЛОГИЯ

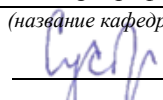
*Учебно-методическое пособие*  
к лабораторным занятиям (часть 1)  
для студентов специализации «Геологическая съемка,  
поиски и разведка месторождений полезных ископаемых»  
специальности 21.05.02 – «Прикладная геология»

Одобрено на заседании кафедры

Минералогии, петрографии и геохимии

(название кафедры)

Зав.кафедрой



(подпись)

Суставов С.Г.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 28.09.2021

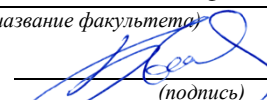
(Дата)

Рассмотрено методической комиссией

Факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель



(подпись)

Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

## Оглавление

1. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ	3
1.1. Некоторые понятия кристаллооптики .....	3
1.2. Устройство и поверки микроскопа .....	6
1.3. Исследования при выключенном анализаторе.....	11
1.4. Исследования при включенном анализаторе в параллельном свете ..	16
1.5. Исследования при включенном анализаторе в сходящемся свете.....	26
1.6. План описания минерала под микроскопом.....	30
1.7. Примеры описания минералов в шлифе .....	31
1.8. Контрольные вопросы .....	33
2. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ	34
2.1. Минералы магматических пород.....	34
2.2. Минералы метаморфических пород.....	52
2.3. Контрольные вопросы .....	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	61
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	61

# 1. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ

## 1.1. Некоторые понятия кристаллооптики

Кристаллооптика – раздел физики, изучающий законы распространения света в кристаллах и возникающие при этом оптические эффекты.

В *естественном (неполяризованном)* свете векторы напряженности электрического поля ориентированы во всех направлениях, перпендикулярных световому лучу. В *плоскополяризованном* свете эти векторы расположены в одной плоскости, перпендикулярной направлению распространения светового луча; эта плоскость называется *плоскостью колебаний* света.

В *оптически изотропных* веществах свет распространяется во всех направлениях с равной скоростью. То есть показатель преломления  $n$  таких веществ во всех направлениях одинаков. Оптически изотропными являются жидкости, аморфные твердые тела (стекла, смолы) и кристаллы кубической сингонии.

Кристаллы остальных сингоний, кроме кубической, *оптически анизотропны*. Луч естественного света, попадая в оптически анизотропный кристалл, разделяется на два плоскополяризованных луча, имеющих неодинаковые скорости распространения и взаимно перпендикулярные плоскости колебаний. Скорость одного или обоих лучей зависит от направления их распространения в кристалле. Поэтому соответствующие этим лучам показатели преломления изменяются в зависимости от направления в кристалле. Разность наибольшего ( $n_g$ ) и наименьшего ( $n_p$ ) показателей преломления кристалла ( $n_g - n_p$ ) называется его *двойным лучепреломлением (двупреломлением)*.

В оптически анизотропных кристаллах имеются направления, по которым двойного лучепреломления не происходит (скорости распространения обоих лучей в этих направлениях одинаковы). Эти направления называются *оптическими осями*. Кристаллы средних сингоний: гексагональной, тетрагональной и тригональной, имеют одну оптическую ось (*оптически одноосные* кристаллы; оптическая ось в них совпадает с осью симметрии высшего порядка –  $L_6, L_4, L_3$ ). Кристаллы низших сингоний: ромбической, моноклинной и триклинной, имеют две оптических оси (*оптически двуосные* кристаллы).

Поверхность, построенная на величинах показателей преломления, значения которых откладываются по направлению колебаний светового луча называется *оптической индикатрисой*.

В кристаллах кубической сингонии оптическая индикатриса имеет форму шара – показатели преломления имеют одинаковую величину во всех направлениях.

В одноосных кристаллах (гексагональная, тетрагональная и тригональная сингонии) индикатриса представляет собой эллипсоид вращения, ось вращения которого совпадает с оптической осью.

В двуосных кристаллах (ромбическая, моноклиная и триклинная сингонии) оптическая индикатриса имеет форму трехосного эллипсоида – с тремя взаимно перпендикулярными и неравными друг другу по величине осями  $N_g$ ,  $N_m$  и  $N_p$ .

В кристаллах ромбической сингонии оси  $N_g$ ,  $N_m$  и  $N_p$  совпадают с осями  $L_2$  или нормальными к плоскостям симметрии.

В кристаллах моноклиной сингонии одна из осей индикатрисы совпадает с кристаллографической осью  $b$ . Часто с осью  $b$  совпадает ось  $N_m$ , а плоскость  $N_g N_p$  совпадает с кристаллографической плоскостью (010). Оси  $N_g$  и  $N_p$ , лежащие в этой плоскости, образуют с кристаллографическими осями  $a$  и  $c$  некоторые углы, постоянные для каждого минерала.

В кристаллах триклинной сингонии оси индикатрисы  $N_g$ ,  $N_m$  и  $N_p$  не совпадают с кристаллографическими осями.

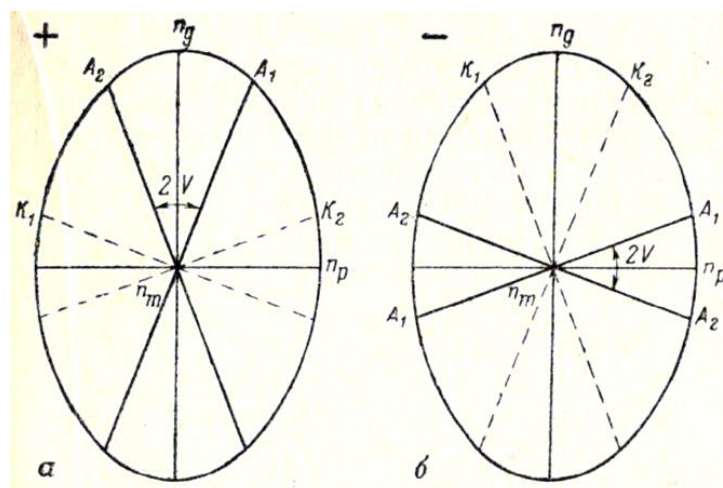


Рис. 1. Разрез индикатрисы оптически положительного (а) и оптически отрицательного (б) кристаллов;  $A_1$  и  $A_2$  – оптические оси,  $K_1$  и  $K_2$  – соответствующие им круговые сечения

В оптических индикатрисах двуосных кристаллов имеется два перпендикулярных оптическим осям *круговых сечения* с радиусом  $N_m$  ( $K_1$  и  $K_2$  на рис. 1). Сечение  $N_g N_p$  называется *плоскостью оптических осей* (в этом сечении располагаются оптические оси). Острый угол между оптическими осями называется *углом оптических осей* ( $2V$ ). Оси индикатрисы  $N_g$  и  $N_p$  являются биссектрисами угла  $2V$  (рис. 1). Одна из них делит пополам острый угол между оптическими осями и поэтому называется *острой биссектрисой*, другая является биссектрисой тупого угла между оптическими осями и называется *тупой биссектрисой*.

Если острой биссектрисой является  $N_g$ , кристалл называется *оптически положительным* (+), если острой биссектрисой является  $N_p$  – *оптически отрицательным* (-).

Произвольное сечение индикатрисы двуосного кристалла представляет собой эллипс, большая полуось которого меньше  $N_g$  (обозначается  $N_g'$ ), а малая полуось больше  $N_p$  (обозначается  $N_p'$ ).

## 1.2. Устройство и поверки микроскопа

### *Устройство микроскопа*

Микроскопы серии ПОЛАМ (рис. 2) состоят из осветительной и наблюдательной систем.

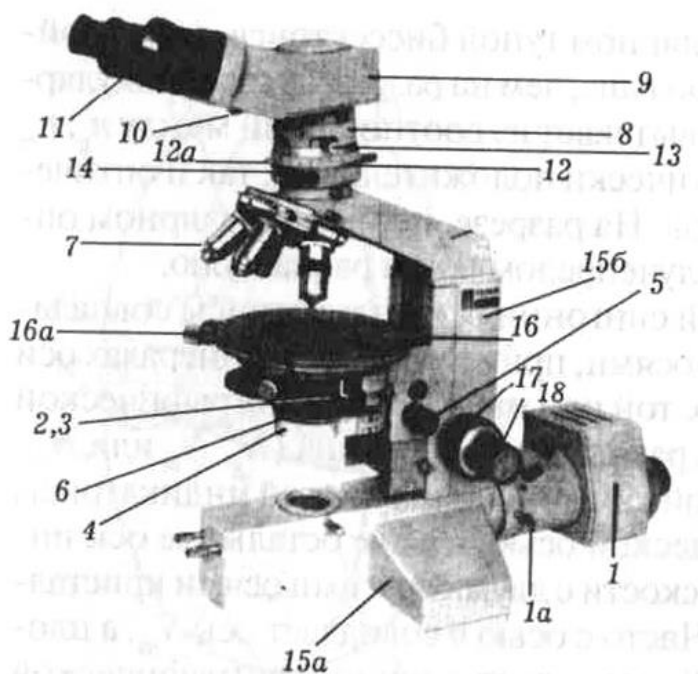


Рис. 2. Схема устройства поляризационного микроскопа серии Полам (объяснения в тексте)

Осветительная система включает в себя *осветитель 1*, закрепленный с помощью винта *1а*, и *конденсорное устройство 2*, состоящее из двух линз, верхняя из которых съемная. Выше конденсора помещена *диафрагма* с рукояткой *3*. *4* – откидная осветительная линза в оправе. Конденсорное устройство может перемещаться вверх и вниз вращением рукоятки *5*. В нижней части конденсорного устройства помещен *поляризатор 6*, закрепленный винтом. При ослаблении винта поляризатор можно вращать за кольцо оправы.

Наблюдательная система состоит из сменных объективов *7*, тубуса *8*, а также монокулярной насадки *9* с диафрагмой *10* и окуляром *11*. В некоторых микроскопах имеется бинокулярная насадка.

В тубусе размещены *анализатор* и *линза Бертрана*. Анализатор можно поворачивать с помощью кольца *12* и фиксировать винтом. Анализатор вводится и выводится рукояткой *12а*. Рукоятка *13* служит для включения и выключения линзы Бертрана. В нижней части тубуса имеется расположенный под углом  $45^\circ$  к плоскости симметрии микроскопа паз *14*, предназначенный для введения компенсаторов.

Все узлы микроскопа укреплены на *штативе* с основанием *15а* и тубусодержателем *15б*, в который смонтирован механизм фокусировки, перемещающий *предметный столик 16*. Грубое перемещение направляющей механизма фокусировки осуществляется рукоятками *17*, точное – рукоятками

18. Предметный столик представляет собой вращающийся диск, имеющий по окружности лимб с градусными делениями. Два нониуса *16а* дают возможность измерять углы поворота столика. Винты у нониусов обеспечивают фиксацию предметного столика.

Главными частями микроскопа **МП-6** (рис. 3) является штатив, тубус, предметный столик и осветительное устройство.

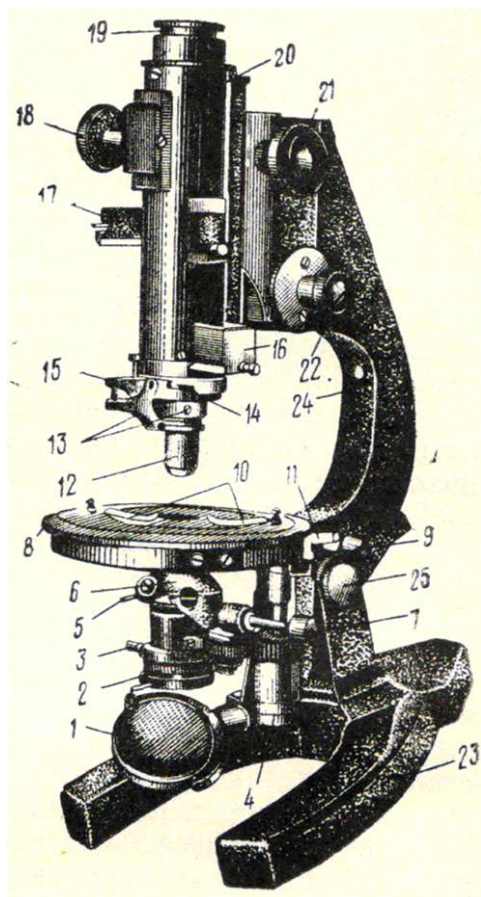


Рис. 3. Поляризационный микроскоп МП-6:

- 1 – осветительное зеркало;
- 2 – поляризатор; 3 – стопорный винт поляризатора; 4 – винт подъема поляризатора; 5 – рукоятка диафрагмы; 6 – линза Лазо;
- 7 – рукоятка линзы Лазо;
- 8 – предметный столик;
- 9 – стопорный винт столика;
- 10 – зажимы для крепления шлифа;
- 11 – нониус; 12 – объектив;
- 13 – центрировочные винты;
- 14 – прорезь для компенсатора;
- 15 – щипцы для крепления объектива; 16 – анализатор;
- 17 – линза Бертрана; 18 – винт линзы Бертрана; 19 – окуляр;
- 20 – тубус; 21 – винт грубой наводки; 22 – винт тонкой наводки;
- 23 – основание штатива; 24 – ручка тубусодержателя; 25 – стопорный винт штатива

*Штатив* состоит из массивной неподвижной нижней части *23* и верхней подвижной части *24*, на которой закреплены все другие устройства микроскопа. Обе части штатива соединены шарнирно, что позволяет наклонять верхнюю часть микроскопа на наблюдателя и закреплять ее с помощью стопорного винта в удобном для работы положении.

*Тубус* – цилиндр, который может перемещаться с помощью винта грубой наводки *21* и микрометрического винта *22*, позволяющих ставить объект на фокус. В нижней части тубуса имеются щипцы *15*, закрепляющие *объектив*. Выше располагается *анализатор*, который можно вводить и выводить из тубуса. Выше анализатора находится *линза Бертрана*, которую также можно вводить в тубус и выводить из него; эта линза используется при исследованиях в сходящемся свете, а при работе в параллельном свете выключается. В верхнее отверстие тубуса вставляется *окуляр* *19*.

*Предметный столик* – массивный диск, вращающийся вокруг вертикальной оси. Внешний край столика градуирован, что позволяет с помощью нониусов *11* производить отсчеты углов поворота. Препарат закрепляется на столике с помощью пружинящих зажимов *10*.

*Осветительное устройство* располагается под предметным столиком. В его нижней части находится двустороннее осветительное *зеркало 1*. В большинстве случаев можно пользоваться его вогнутой стороной. Над зеркалом расположен *поляризатор 2*, выше которого находится *диафрагма*, регулирующая степень освещенности объекта и изолирующая боковые лучи. Над диафрагмой установлен *конденсор*, направляющий поток параллельных световых лучей на исследуемый объект. Выше располагается *линза Лазо 6*, которая используется для получения сходящегося светового пучка, необходимого при исследовании коноскопическим методом. При изучении минералов в параллельном свете линза Лазо не используется и с помощью специального рычага *7* выводится из оптической системы микроскопа.

Осветительное устройство поднимается и опускается с помощью винта *4*, расположенного вертикально под столиком слева.

К каждому микроскопу приложен набор объективов с увеличениями  $3^x$ ,  $8^x$ ,  $20^x$ ,  $40^x$  и  $60^x$ .

### ***Шлиф***

Горные породы изучают под микроскопом в срезах толщиной около 0,03 мм, которые называются *шлифами*. Шлиф изготавливают следующим образом. С помощью алмазной пилы отпиливают небольшую пластинку горной породы, шлифуют ее с одной стороны на специальном станке, а затем приклеивают ровной стороной на *предметное* стекло. В качестве клея используют канадский бальзам – прозрачное смолоподобное вещество с показателем преломления около 1.537. Приклеенную к стеклу пластинку горной породы шлифуют с противоположной стороны до толщины около 0.03 мм, покрывают вторым слоем канадского бальзама и тонким *покровным стеклом*.

### ***Подготовка микроскопа к работе***

Для подготовки микроскопа к работе необходимо:

1. Установив микроскоп на рабочем месте, поворотом тубусодержателя придать тубусу удобный для работы наклон.

2. Поднять осветительное устройство винтом вверх до упора. Вывести из оптической системы микроскопа линзу Бертрана, анализатор, линзу Лазо, полностью открыть диафрагму.

3. Поставить объектив нужного увеличения (при рядовой работе обычно  $8^x$  или  $9^x$ ). На оправе объектива имеется два стерженька для установки центрировочных винтов и наклонный фиксирующий штифт для закрепления объектива щипцами тубуса. Для установки объектива нужно сначала с помощью винта грубой наводки несколько приподнять тубус, а затем, сжав

пальцами левой руки щипцы, **правой** рукой надеть объектив на кольцообразный выступ тубуса микроскопа. Затем нужно повернуть объектив против часовой стрелки так, чтобы фиксирующий штифт вошел в прорезь зажима, после чего отпустить щипцы.

4. Поворотами осветительного зеркала добиться наиболее яркой и равномерной освещенности поля зрения.

5. На предметный столик положить шлиф (покровным стеклом кверху) и с помощью зажима закрепить его.

6. Навести изображение шлифа на резкость при помощи винтов грубой и точной наводки (чтобы не повредить шлиф, лучше это делать, постепенно увеличивая расстояние между шлифом и объективом). Работая с объективами с увеличением  $20^x$ ,  $40^x$  и  $60^x$ , фокусные расстояния которых очень малы, наведение на резкость следует производить с особой осторожностью, чтобы не раздавить шлиф и не повредить линзы объективов. Для этого сначала нужно, глядя сбоку на конец объектива, осторожно с помощью винта грубой наводки подвести объектив близко к поверхности шлифа, а затем, смотря в окуляр, увеличивать фокусное расстояние до появления отчетливого изображения объекта.

7. Чтобы глаза не уставали, рекомендуется научиться, глядя одним глазом в окуляр микроскопа, оставлять другой глаз при работе открытым. Для этого вначале можно работать с надетым на тубус бумажным экраном.

Перед тем, как приступать к изучению шлифа, следует выполнить **поверки микроскопа**.

#### *1. Проверка скрещенности николей.*

Скрещенным называется такое положение поляризатора и анализатора, при котором плоскость колебаний света, пропускаемого анализатором, перпендикулярна плоскости колебаний света, пропускаемого поляризатором.

Проверка делается без шлифа. При выключенном анализаторе устанавливается освещенное поле зрения. Затем включается анализатор. Если николи скрещены, поле зрения при включенном анализаторе будет темным, почти черным. Если же при включенном анализаторе поле зрения просветлено, то николи не скрещены. В этом случае нужно открепить стопорный винт поляризатора, повернуть поляризатор за оправу на некоторый угол до полного угасания поля зрения и в этом положении закрепить винт.

Эту же проверку подобным образом можно делать и по участку канадского бальзама в шлифе.

#### *2. Проверка совпадения нитей окуляра с направлениями колебаний поляризатора и анализатора.*

Находим в шлифе зерно мусковита или биотита с хорошо различимыми трещинами спайности и устанавливаем это зерно при включенном анализаторе на угасание (делаем зерно максимально темным). Выключаем анализатор. Трещины спайности в зерне должны быть параллельны одной из нитей окуляра.



Если такой параллельности нет и в положении угасания трещины спайности ориентированы под некоторым (обычно небольшим) углом к нити окуляра, то следует несколько повернуть окуляр - до совпадения нити окуляра с направлением трещин спайности.

### 3. Определение направления колебаний света в поляризаторе.

Проверка производится при выключенном анализаторе с помощью зерна биотита с хорошо заметными трещинами спайности. Вращая столик микроскопа, наблюдаем, как при повороте столика биотит меняет окраску (плеохроирует). В тот момент, когда биотит приобретает самую густую окраску, трещины спайности ориентированы параллельно плоскости колебаний света в поляризаторе (совпадающей либо с вертикальной, либо с горизонтальной нитью окуляра). Следует записать, с какой именно нитью совпадает направление колебаний света в поляризаторе.

### 4. Центрировка объектива.

Центрировка объектива заключается в совмещении оптической оси объектива с осью микроскопа. При отцентрированном объективе зерно, поставленное на пересечение нитей окуляра, при вращении столика не смещается и все время остается на пересечении нитей окуляра. Если же объектив не отцентрирован, то при вращении столика зерно будет отклоняться от пересечения нитей окуляра.

Для этой проверки выбираем в шлифе какую-либо хорошо заметную точку и, передвигая шлиф на столике, ставим ее на перекрестие нитей окуляра (1 на рис. 4), а затем вращаем столик микроскопа, следя за точкой. Если при вращении столика точка смещается относительно центра креста нитей, то объектив следует центрировать (обнаружив нарушение центрировки, следует сначала проверить, правильно ли вставлен объектив).

Для центрировки нужно повернуть столик микроскопа в положение, когда наблюдаемая точка максимально отклонилась от перекрестия нитей окуляра (2 на рис. 4), надеть на специальные штифты на корпусе объектива

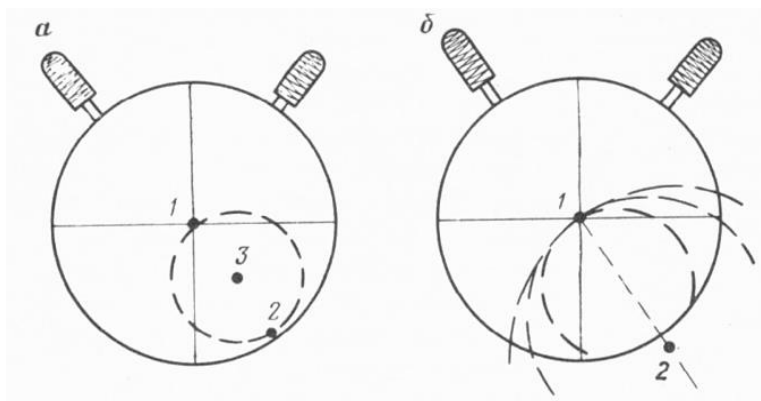


Рис. 4. Схема центрировки

центрировочные ключи и, вращая их, переместить точку в сторону перекрестия нитей на половину расстояния от точки до перекрестия нитей (в положение 3 на рис. 4, а). Затем передвинуть шлиф руками на столике так,

чтобы точка вновь попала в центр креста нитей. Повторять эти операции, пока точка при вращении столика не будет отклоняться от центра креста нитей.

Иногда, при сильной расцентрированности объектива, наблюдаемая точка при повороте столика микроскопа уходит за пределы поля зрения. В этом случае следует поворачивать предметный столик на некоторый угол то в одну, то в другую сторону, чтобы мысленно определить, где располагается центр окружности, которую описывает точка (направление 1 – 2 на рис. 4, б). Затем вращением центрировочных винтов перемещаем предполагаемый центр окружности, которую описывает точка, к перекрестию нитей окуляра. После этого, передвигая шлиф руками, снова ставим точку на центр поля зрения и повторяем описанные выше операции (иногда это приходится делать несколько раз) до достижения центровки.

### 1.3. Исследования при выключенном анализаторе

**Размер зерен.** Приблизительно размеры зерен в шлифах можно оценить, сравнивая зерна с диаметром поля зрения микроскопа. Величину диаметра поля зрения (с точностью до десятых долей миллиметра) можно определить, поставив на столик микроскопа вместо шлифа линейку с миллиметровыми делениями.

Для более точного измерения размеров зерен используется окуляр  $6^x$  с микрометрической шкалой. Цена минимального деления этой шкалы при использовании объектива  $8^x$  или  $9^x$  - около 0.02 мм.

Для точного определения цены деления шкалы окуляра используется объект-микрометр, представляющий собой металлическую пластинку, в центре которой вставлено стекло с нанесенной линейной шкалой длиной 1 мм, разделенной на 100 делений. Объект-микрометр устанавливается на столике микроскопа как обычный шлиф. В тубус микроскопа вставляется окуляр со шкалой. Перемещая на столике объект-микрометр, совмещаем начало обеих шкал. Определяем, скольким делениям шкалы окуляра соответствует шкала объект-микрометра и вычисляем цену деления окуляра. Например: длина всей шкалы объект-микрометра (1 мм) соответствует 54 малым делениям шкалы окуляра. Отсюда 1 малое деление шкалы окуляра равно  $1 \text{ мм} : 54 = 0,0185 \text{ мм}$ .

**Форма зерен.** Зерна минералов могут иметь призматическую, таблитчатую, пластинчатую, а также изометрическую и неправильную форму. При изучении шлифов объемная форма зерен минерала устанавливается на основе сопоставления между собой имеющихся в шлифе плоских разрезов минерала. На рис. 5 представлены продольные и поперечные разрезы кристаллов призматической, таблитчатой и пластинчатой формы.

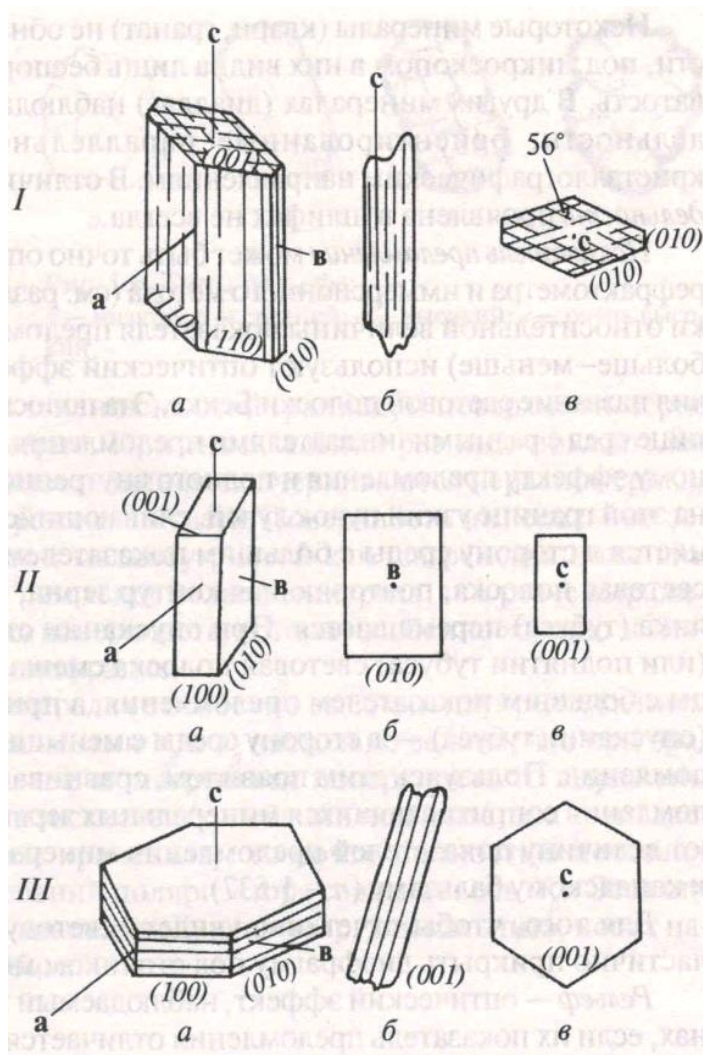


Рис. 5. Кристаллы призматической (I), таблитчатой (II) и пластинчатой (III) формы:  
 а – объемная форма кристаллов;  
 б, в – разрезы:  
 б – продольные,  
 в – поперечные

**Спайность.** Спайность наблюдается в шлифе в виде серии трещин, пересекающих минерал. Она видна не во всех сечениях кристаллов, а хорошо различается лишь там, где трещины спайности ориентированы по отношению к плоскости шлифа под углом, близким к  $90^\circ$ . Так, у слюд в разрезах, перпендикулярных уплощенности кристаллов, видны четкие трещины спайности, а в разрезах, проходящих параллельно уплощенности кристаллов, трещин спайности не видно (см. рис. 5, III). У минералов, обладающих спайностью в двух направлениях, в шлифе чаще всего наблюдаются разрезы с трещинами спайности, проходящими лишь в одном направлении (см. рис. 5, I, б). Поэтому заключение о спайности минерала следует основывать на просмотре в шлифе всех зерен данного минерала.

У минералов с *весьма совершенной* спайностью (слюды) тонкие параллельные трещины спайности идут через весь кристалл (см. рис. 5, III, б). Минералы с *совершенной* спайностью (пироксены, амфиболы) характеризуются общим параллельным расположением трещин, но эти трещины прерывисты и не всегда строго параллельны друг другу (см. рис. 5, I, б). *Несовершенная* спайность (оливин) характеризуется отсутствием строгой параллельности, прерывистостью, иногда ветвлением и пересечением трещин, при наличии

общего направления в их расположении. Иногда несовершенная спайность проявлена в виде редких и коротких трещин (нефелин). Если минерал спайностью не обладает, то трещины отсутствуют или имеют неровную форму и ориентированы беспорядочно.

При наличии спайности по двум направлениям (см. рис. 5, I) измеряется угол между плоскостями спайности. Порядок работы при определении угла между плоскостями спайности следующий:

1) находим разрез, перпендикулярный трещинам спайности обоих направлений: трещины должны быть тонкими и не смещаться в сторону при подъеме и опускании тубуса микроскопа;

2) совмещаем трещины спайности одного направления с одной из нитей окуляра; берем отсчет по лимбу столика;

3) вращением столика совмещаем с той же нитью окуляра трещины спайности второго направления; снова берем отсчет. Разность отсчетов - угол между плоскостями спайности. Принято измерять острый угол между плоскостями спайности.

**Цвет.** При работе с выключенным анализатором различают зерна *непрозрачные*, которые выглядят совершенно черными (это главным образом рудные минералы, их определение проводится на специальных микроскопах в отраженном свете), и *прозрачные* – бесцветные и окрашенные.

Цвет минерала в шлифе отличается от цвета того же минерала в образце. Многие минералы, отчетливо окрашенные в образцах, под микроскопом оказываются бесцветными. Цвет минерала обычно характеризуется словом из двух частей: например, сине-зеленый, светло-коричневый. Некоторые минералы в анизотропных сечениях при вращении столика микроскопа изменяют интенсивность окраски, а иногда и цвет (*плеохроируют*).

**Показатель преломления.** Показатель преломления минерала оценивается в шлифе путем его сравнения с показателем преломления канадского бальзама ( $1.537 \pm 0.004$ ) или с показателями преломления окружающих минералов. Эта оценка производится исходя из наблюдения у изучаемого минерала описываемых ниже рельефа, характера ограничений, шагреновой поверхности и полосы Бекке (лучше всего они видны при частично прикрытой диафрагме и опущенном осветительном устройстве).

**Рельеф** – оптический эффект, свойственный зернам минералов, показатели преломления которых отличаются от показателя преломления канадского бальзама. У минералов с показателями преломления, более высокими, чем у канадского бальзама, рельеф *положительный* – минерал кажется более толстым, чем другие минералы, как бы рельефно выступающим над общей поверхностью шлифа. У минералов с показателями преломления, более низкими, чем у канадского бальзама, рельеф *отрицательный* – кажется, что минерал образует впадину на поверхности шлифа.



Рис. 6. Резкие ограничения и шагреновая поверхность у минералов с высоким показателем преломления

Чем больше отличается показатель преломления изучаемого зерна от канадского бальзама или соседних зерен, тем сильнее выражен рельеф данного зерна. При равенстве показателей преломления минерала и канадского бальзама рельеф у минерала отсутствует.

*Ограничения.* Граница между минералом и канадским бальзамом, или между двумя бесцветными минералами, находящимися в непосредственном контакте друг с другом, четко заметна в том случае, если их показатели преломления различны. Чем больше разница в показателях преломления соприкасающихся минералов, или минерала и канадского бальзама,

тем ограничения становятся более резкими (рис. 6).

*Шагреновая поверхность.* При изготовлении шлифов на поверхностях срезов зерен образуются микроскопические неровности. У минералов с показателями преломления, близкими к канадскому бальзаму, эти неровности не заметны и поверхность зерен выглядит гладкой. Если же показатели преломления минерала значительно отличаются от канадского бальзама, то неровности на поверхности зерна становятся заметнее и поверхность зерна кажется шероховатой, мелкобугристой - как шагреновая кожа или кожура апельсина. Чем больше отличие показателей преломления зерна от показателя преломления канадского бальзама, тем резче выражена шагреновая поверхность этого зерна (см. рис. 6).

На границе двух соприкасающихся бесцветных минералов, обладающих близкими показателями преломления, при внимательном наблюдении заметно явление окрашивания минералов в зеленоватые и розоватые тона (*дисперсионный эффект*). Бесцветный минерал, имеющий более высокий показатель преломления, приобретает светло-зеленоватую окраску, а бесцветный минерал с более низким показателем преломления - розоватую окраску. Этот эффект становится более отчетливым при прикрытой диафрагме и некотором расфокусировании изображения.

Умение видеть дисперсионный эффект особенно важно при рассмотрении мелких бесцветных включений одного минерала в другом, например, мелких вростков плагиоклаза в калиевом полевом шпате (пертиты) или, наоборот, калиевого полевого шпата в плагиоклазе (антипертиты). Отличить калиевый полевой шпат от кварца и плагиоклаза в мелкозернистых агрегатах иногда можно только по дисперсионному эффекту.

По характеру ограничений, рельефу и шагреновой поверхности В. Н. Лодочников подразделяет все бесцветные минералы на 7 групп (табл. 1).

Для более точного определения относительного показателя преломления используется так называемая световая *полоска Бекке*. Это возникающая при расфокусировании микроскопа узкая световая полоска, повторяющая контур зерна. Наиболее четко она видна при использовании объективов с увеличением

20<sup>x</sup> и более. При увеличении расстояния между объективом и шлифом полоска Бекке перемещается в сторону вещества с *большим* показателем преломления,

Таблица 1

**Группы В. Н. Лодочникова**

Группа	Показатель преломления	Ограничения, шагреновая поверхность	Рельеф	Примеры минералов
1	1.41 - 1.47	ясные	отрицательный	опал
2	1.47 - 1.53	слабые	«	калиевый полевой шпат
3	1.53 - 1.55	отсутствуют	нет	кварц, кислый плагиоклаз
4	1.55 - 1.60	слабые	положительный	мусковит, основной плагиоклаз
5	1.61 - 1.66	ясные	«	апатит
6	1.66 - 1.78	резкие	«	пироксен, оливин
7	более 1.78	очень резкие	«	титанит, циркон

а при уменьшении расстояния между объективом и шлифом – в сторону вещества с *меньшим* показателем преломления.

*Порядок работы* при определении показателя преломления минерала:

1) Находим зерно определяемого минерала на границе с канадским бальзамом (на краю шлифа или на границе с заполненной канадским бальзамом трещиной внутри шлифа). При включенном анализаторе зерно имеет некоторую интерференционную окраску, а канадский бальзам черный и остается черным при вращении столика микроскопа.

2) Выключаем анализатор, несколько опускаем осветительное устройство и частично прикрываем диафрагму.

3) Определяем рельеф, характер ограничений и шагреновой поверхности изучаемого зерна.

4) Находим границу между зерном и канадским бальзамом. При подъеме и опускании тубуса наблюдаем полоску Бекке и отмечаем направление ее перемещения.

5) По таблице 1 оцениваем величину показателя преломления минерала.

Для оценки показателя преломления по определенной оси индикатрисы ( $N_g$ ,  $N_m$ ,  $N_p$ ) нужно совместить эту ось с направлением колебаний света в поляризаторе (как определять наименования осей индикатрисы – см. в разделе 1.3). Для этого зерно ставится на угасание при включенном анализаторе, а затем анализатор выключается и производится наблюдение. Видимые рельеф,

ограничения, шагреновая поверхность и поведение полоски Бекке определяются величиной показателя преломления по той оси индикатрисы, которая совмещена с направлением колебаний света в поляризаторе.

*Псевдоабсорбция.* Как отмечено выше, наблюдаемые под микроскопом рельеф и шагреновая поверхность минерала зависят от того, какой показатель преломления минерала совпадает с направлением колебаний света, пропускаемого поляризатором. У большинства минералов разница в величине показателей преломления по разным направлениям невелика. Поэтому при вращении минерала на столике микроскопа (то есть при совмещении различных направлений изучаемого минерала с плоскостью колебаний света в поляризаторе) заметных изменений рельефа и шагреновой поверхности минерала чаще всего не наблюдается.

Но у некоторых минералов с особенно высоким двупреломлением (например, у карбонатов) один показатель преломления много выше канадского бальзама, а другой близок или ниже канадского бальзама (например, у кальцита один показатель преломления равен 1.658, а другой - 1.486). В этом случае при вращении столика микроскопа рельеф и шагреновая поверхность зерна то выражены очень отчетливо – рис. 7, слева (когда с плоскостью колебаний света в поляризаторе совпадает наибольший показатель преломления), то почти полностью исчезают - рис. 7, справа (когда с плоскостью колебаний света в поляризаторе совпадает наименьший показатель преломления). Этот оптический эффект носит название псевдоабсорбции.

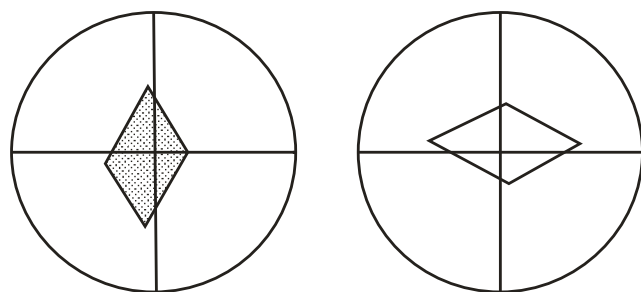


Рис. 7. Явление псевдоабсорбции

Степень проявления псевдоабсорбции у одного и того же минерала зависит от сечения минерала. В том разрезе минерала, где располагаются наибольший и наименьший показатели преломления, псевдоабсорбция выражена наиболее резко. В произвольном косом сечении псевдоабсорбция проявлена слабее. А в сечении, перпендикулярном оптической оси (в этом сечении показатель преломления одинаков во всех направлениях), псевдоабсорбция отсутствует.

Сильной псевдоабсорбцией обладают карбонаты, несколько слабее она проявлена у мусковита, а опытный глаз иногда улавливает псевдоабсорбцию даже у таких минералов, как кварц.

## 1.4. Исследования при включенном анализаторе в параллельном свете

### *Двупреломление минерала*

В оптически анизотропных веществах луч света, входя в кристалл, раздваивается. Образовавшиеся два луча распространяются в кристалле с разными скоростями. В результате один луч обгоняет другой - между ними возникает разность хода  $R$  (обычно измеряется в нанометрах). Величина разности хода  $R$  пропорциональна толщине кристалла  $d$  (толщине шлифа) и величине  $N_g' - N_p'$  в данном сечении кристалла:

$$R = d(N_g' - N_p')$$

При прохождении двух образовавшихся в кристалле световых лучей через анализатор происходит интерференция этих лучей (вследствие наличия между ними разности хода  $R$ ). В результате кристалл приобретает при включенном анализаторе *интерференционную окраску*. Каждому значению разности хода  $R$  соответствует своя интерференционная окраска.

Интерференционная окраска возникает, если разность хода  $R$  не равна нулю. Если же разность хода  $R$  равна нулю (это имеет место при  $N_g' - N_p' = 0$ , то есть когда сечение индикатрисы в данном зерне имеет форму круга), то свет через кристалл не проходит и кристалл выглядит в скрещенных николях черным. Форму круга имеют сечения оптической индикатрисы аморфных веществ и кристаллов кубической сингонии (оптически изотропных веществ), а также перпендикулярные оптическим осям сечения индикатрисы кристаллов остальных сингоний (такие сечения называются оптически изотропными сечениями).

Таким образом, аморфные вещества (в том числе стекло и канадский бальзам), кристаллы кубической сингонии и перпендикулярные оптическим осям сечения одноосных и двуосных кристаллов в скрещенных николях выглядят темными (черными) и не просветляются при вращении столика микроскопа.

У некоторых аморфных веществ и кристаллов кубической сингонии иногда отмечается слабая аномальная анизотропия (вследствие внутренних напряжений и т. п.), проявляющаяся в скрещенных николях в слабой серой интерференционной окраске. Это свойственно, например, некоторым гранатам. Участки, обнаруживающие двупреломление, нередко располагаются в кристаллах граната зонально и секториально. Аномальная анизотропия в некоторых случаях проявляется и в таком аморфном веществе, как вулканическое стекло.

При повороте столика микроскопа на  $360^\circ$  анизотропное сечение минерала четыре раза гаснет (становится черным) и четыре раза просветляется, приобретая ту или иную интерференционную окраску (максимальная яркость



наступает при повороте столика на  $45^\circ$  от положения угасания). Угасание происходит в тот момент, когда оси индикатрисы совпадают с направлениями колебаний света в поляризаторе и анализаторе (рис. 8). В правильно настроенном микроскопе нити окуляра ориентированы параллельно этим направлениям, так что в момент угасания нити окуляра указывают на положение осей индикатрисы в данном разрезе минерала.

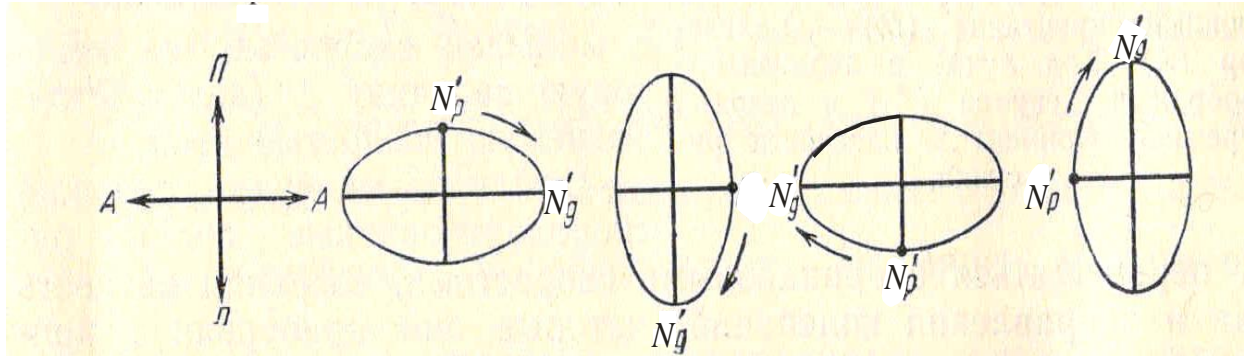


Рис. 8. Четырехкратное угасание минерала в анизотропном сечении при повороте столика микроскопа на  $360^\circ$  (П, А – плоскости колебаний света в поляризаторе и анализаторе)

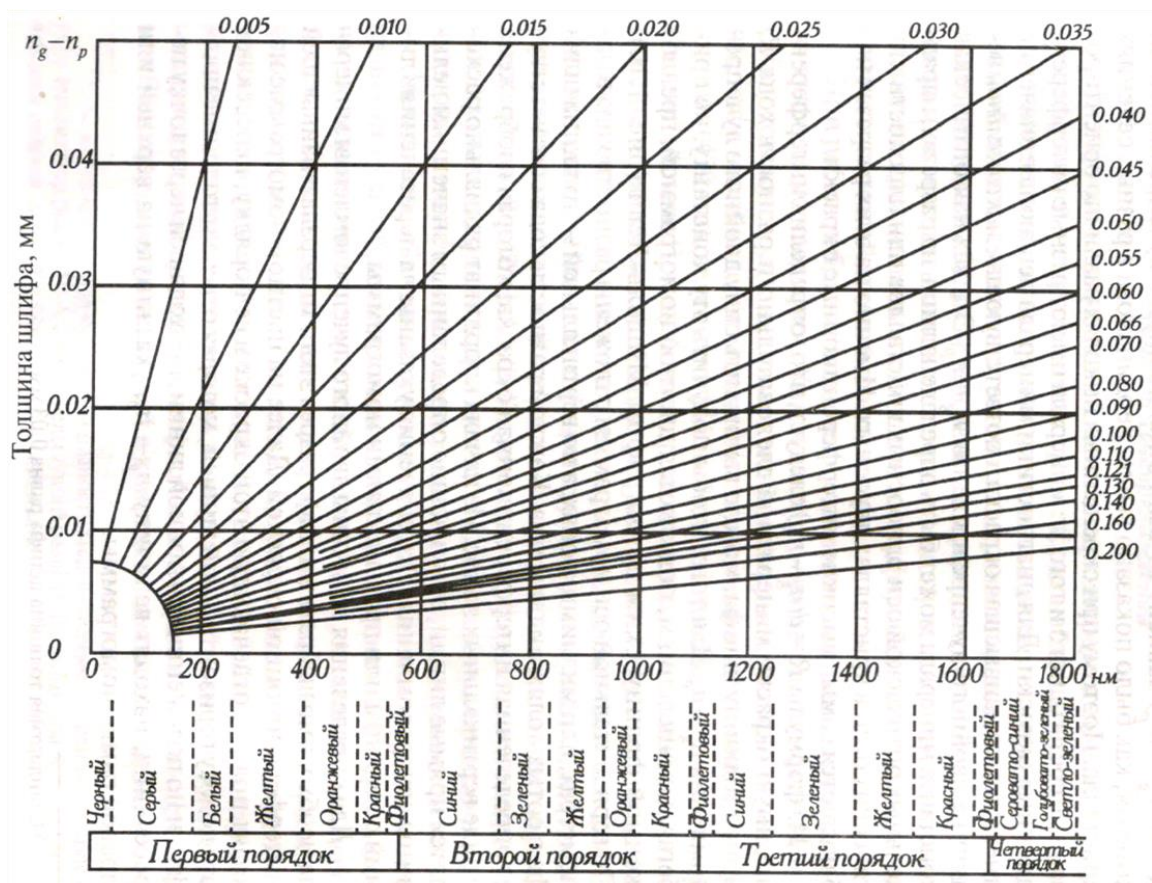


Рис. 9. Номограмма Мишель-Леви. Внизу – цвета интерференционной окраски и соответствующие им значения разности хода  $R$  (в нанометрах). Объяснения в тексте.

Наблюдаемые у кристаллов интерференционные окраски делятся на порядки (*I*, *II*, *III* и так далее), границы между которыми проводятся по фиолетовой окраске (рис. 9). Первый порядок начинается с низких цветов интерференции – темно-серого, серого, белого, далее желтого, и заканчивается красным, а затем фиолетовым цветом (последний соответствует разности хода около 550 нм).

Цвета интерференции *II* и *III* порядков повторяются в одинаковой последовательности: каждый порядок начинается с синего цвета, затем следуют зеленый, желтый, красный цвет. Фиолетовый цвет на границе *II* и *III* порядка отвечает разности хода 1100 нм, на границе *III* и *IV* порядков – 1650 нм (см. рис. 9). При больших разностях хода интерференционные окраски становятся все более бледными и выше *III* порядка трудно различимы.

У некоторых минералов величина двупреломления для световых лучей разного цвета несколько отличается по величине (дисперсия двупреломления). Это приводит к образованию *аномальных* (отличающихся от приводимых на рис. 9) интерференционных окрасок – ржаво-бурых, красно-фиолетовых, индигово-синих в *I* порядке и очень ярких и пестрых в более высоких порядках. Аномальные интерференционные окраски характерны для хлорита, эпидота и некоторых других минералов.

При наблюдении интерференционной краски минерала нужно уметь определять ее порядок. Это можно сделать, рассматривая края зерен минерала. Нужно найти в шлифе зерно минерала, край которого скошен на клин. В пределах клина толщина зерна постепенно увеличивается. Поэтому в соответствующей клину каемке на краю зерна наблюдается последовательный (как на номограмме Мишель-Леви) переход от низких цветов интерференционной окраски *I* порядка в самой тонкой части клина к все более высокой интерференционной окраске, соответствующей толщине основной части зерна.

Например, если зерно в своей основной части имеет желтую интерференционную окраску *II* порядка (рис. 10), то в периферической клиновидной части зерна будут последовательно наблюдаться серая, белая, желтая, красная окраска *I* порядка, затем синяя и зеленая окраска *II* порядка,

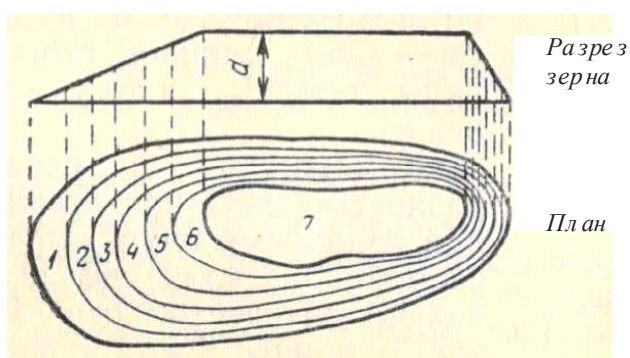


Рис. 10. Образование цветных каемок в краевых скошенных на клин частях зерна:  
1 – серый *I*; 2 – белый *I*; 3 – желтый *I*; 4-красный *I*; 5-синий *II*; 6-зеленый *II*; 7 – желтый *II*  
(*I*, *II* – порядок интерференционной окраски)

после чего идет свойственная основной части зерна желтая интерференционная окраска *II* порядка (см. рис. 10). Прослеживая эти цветные каемки на краю

зерна (сравнивая последовательность цветов с номограммой Мишель-Леви), можно определить, какой порядок имеет интерференционная окраска, которую имеет основная часть изучаемого зерна.

Ширина цветных каемок на краях зерен зависит от угла наклона клина на краю зерна. Если при пологом клине можно наблюдать последовательную смену всех цветов интерференции (см. рис. 10, слева), то при крутом наклоне клина (см. рис. 10, справа) некоторые цвета выпадают, а другие (обычно синий и зеленый) сливаются в одну темную полосу. Для определения порядка окраски может быть использована и такая слившаяся сине-зеленая полоска: отсутствие этой полоски говорит о *I* порядке интерференционной окраски минерала, одна полоска указывает на *II* порядок, а наличие вдоль края зерна двух таких полосок указывает на *III* порядок интерференционной окраски в основной части зерна.

Интерференционную окраску может несколько исказить собственная окраска минерала (наблюдаемая при выключенном анализаторе, например, у биотита или роговой обманки). Например, зерно роговой обманки (зеленое при выключенном анализаторе) с красной интерференционной окраской *I* порядка будет выглядеть при включенном анализаторе из-за зеленой собственной окраски не красным, а бурым. То есть при изучении минералов с интенсивной собственной окраской следует иметь в виду, что для определения истинной интерференционной окраски следует «вычитать» из наблюдаемой интерференционной окраски собственную окраску минерала.

Из формулы  $R=d(N_g' - N_p')$  следует, что в скрещенных николях различно ориентированные зерна (зерна с различными значениями  $N_g' - N_p'$ ) одного и того же анизотропного минерала имеют разные значения  $R$ , то есть разную интерференционную окраску. Таким образом, один и тот же минерал в зависимости от сечения может иметь в шлифе различную интерференционную окраску. Эта окраска минимальная (черная) в разрезах, перпендикулярных оптической оси, наивысшая в разрезах, соответствующих  $N_g - N_p$ , и промежуточная в прочих разрезах.

В случае наивысшей интерференционной окраски приведенная выше формула имеет вид  $R=d(N_g - N_p)$ . Используя эту формулу, можно определять толщину шлифа ( $d$ ) и двупреломление минерала ( $N_g - N_p$ ).

*Определение толщины шлифа.* Чаще всего производится по кварцу. Для этой цели находим в шлифе зерно кварца с наивысшей интерференционной окраской. По таблице Мишель-Леви определяем разность хода лучей  $R$  для этой окраски. Затем по формуле  $d=R/(N_g - N_p) = R/0.009$  (0.009 – величина  $N_g - N_p$  кварца) вычисляем толщину шлифа ( $R$  и  $d$  должны быть выражены в одинаковых единицах измерения – нанометрах или миллиметрах).

Определить толщину шлифа по кварцу с помощью номограммы Мишель-Леви можно и не прибегая к вычислениям. По горизонтальной оси номограммы (см. рис. 9) отложены разности хода в нанометрах (каждой разности хода соответствует определенная интерференционная окраска), а по

вертикальной оси – толщина шлифа в сотых долях миллиметра. Из начала координат радиально расходятся прямые линии, отвечающие определенным значениям величины двупреломления, указанным на пересечениях линий с верхним или правым краями номограммы.

Для определения толщины шлифа находим точку пересечения наклонной линии, соответствующей двупреломлению 0.009, и вертикальной линии, соответствующей значению разности хода  $R$  наблюдаемой в данном шлифе наивысшей интерференционной окраски кварца. После этого по оси ординат считываем соответствующее этой точке значение толщины шлифа.

В тех случаях, когда в породе нет кварца, для определения толщины шлифа можно использовать плагиоклаз, условно приняв его двупреломление равным 0,008 (такое двупреломление имеют встречающиеся в ряде бескварцевых магматических пород плагиоклазы состава андезин-лабрадор).

*Определение двупреломления минерала.* В шлифе находим зерно изучаемого минерала с наивысшей интерференционной окраской (для этого просматриваем все зерна данного минерала и оцениваем интерференционную окраску каждого зерна). По номограмме Мишель-Леви определяем разность хода  $R$  для найденной наивысшей интерференционной окраски. Зная толщину шлифа  $d$ , по формуле  $N_g - N_p = R/d$  вычисляем величину двупреломления ( $N_g - N_p$ ) минерала.

Графическое определение двупреломления  $N_g - N_p$  по номограмме Мишель-Леви производится следующим образом. От взятого по оси ординат значения толщины данного шлифа перемещаемся слева направо до определенной нами наивысшей интерференционной окраски минерала. Из полученной точки по наклонной линии поднимаемся вверх направо и считываем на конце этой линии значение двупреломления минерала.

Таблица 2

**Интерференционная окраска минералов в зависимости от двупреломления  
(по А. Н. Феногенову, с изменениями)**

Двупреломление	Интерференционная окраска в шлифах стандартной толщины (0,03 мм)	Характерные минералы
Менее 0.005 (очень слабое)	Серая, светло-серая	Апатит, нефелин
0.005 – 0.010 (слабое)	Белая, светло-желтая	Кварц (0.009), полевые шпаты
0.011-0.030 (умеренное)	Желто-оранжевая, красная I порядка до желто-зеленой II порядка	Роговая обманка, авгит
0.31 – 0.100 (сильное)	Желтая II порядка до V порядка	Оливин, биотит, циркон
Более 0.100 (очень сильное)	Перламутровые, бело-розовые окраски высших порядков – IV порядок и выше	Карбонаты, титанит, рутил

Двупреломление минерала может быть: 1) очень слабым, 2) слабым, 3) умеренным, 4) сильным (табл. 2). Граница двупреломления 0.030 (между умеренным и сильным двупреломлением) соответствует появлению в скошенных на клин краях зерен повторяющихся цветных полосок, по которым можно определять порядок интерференционной окраски (см. выше). При очень сильном двупреломлении порядок интерференционной окраски установить практически невозможно.

### **Угол угасания**

Угол угасания – это угол между одной из осей индикатрисы и какой-либо кристаллографической плоскостью (гранью кристалла, трещиной спайности, двойниковым швом). Если угол угасания равен нулю, угасание называется прямым, если не равен нулю – косым (рис. 11). В случае, если указанные выше кристаллографические плоскости в зерне не выражены (например, в зернах кварца неправильной формы), характер угасания минерала не определяется.

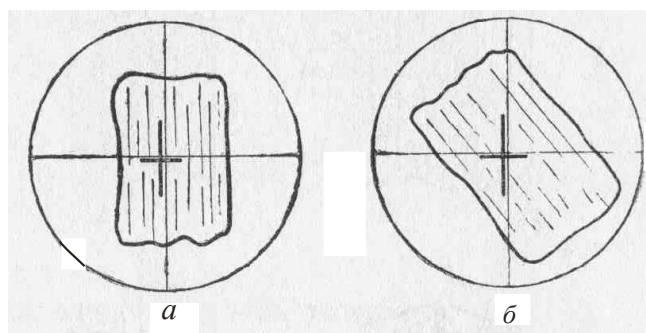


Рис. 11. Характер угасания минерала:  
а – прямое, б – косое (минерал зарисован в положении угасания, черные линии в центре – оси оптической индикатрисы зерна)

Минералам гексагональной, тетрагональной, тригональной и ромбической сингоний в большинстве разрезов свойственно прямое угасание. Минералы моноклинной сингонии в разрезах, перпендикулярных (010), обладают прямым угасанием, а в разрезе, параллельном (010) (такой разрез характеризуется наивысшей интерференционной окраской), – косым. Минералы триклинной сингонии обладают во всех разрезах косым угасанием.

Для определения характера угасания какого-либо зерна нужно установить грань кристалла или трещины спайности параллельно вертикальной нити окулярного креста и, включив анализатор, посмотреть, будет зерно при скрещенных николях находиться в положении угасания или нет. Если минерал в этом положении гаснет, значит угасание прямое, а если минерал просветлен, то угасание косое.

Если угасание косое, то следует измерить угол угасания. Для этого нужно повернуть столик микроскопа из положения, когда грань кристалла или трещины спайности параллельны вертикальной нити, в положение угасания зерна. Угол поворота равен углу угасания. Достигать положения угасания можно, поворачивая столик как вправо, так и влево. При измерении угла

угасания столик вращают в сторону ближайшего угасания минерала, чтобы угол угасания был менее  $45^\circ$ .

При определении угла угасания следует указывать, по отношению к какой оси оптической индикатрисы он измерен. В положении угасания оси оптической индикатрисы зерна располагаются параллельно нитям окуляра, но нужно определить наименования этих осей.

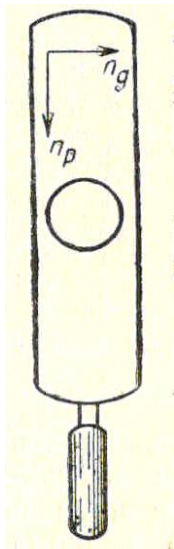


Рис. 12.  
Компенсатор

*Определение наименований осей индикатрисы производится с помощью компенсаторов, которые представляют собой кристаллические пластинки с известной разностью хода и фиксированным положением осей индикатрисы. Вдоль длинной стороны компенсаторов расположена ось  $N_p$ , а поперек длинной стороны -  $N_g$  (рис. 12).*

Во многих случаях используется компенсатор с разностью хода 550-560 нм. Введенный в специальную прорезь тубуса микроскопа (см. рис. 1, 2), он дает красно-фиолетовую интерференционную окраску, поэтому его называют «красным».

Для определения наименования осей индикатрисы сначала ставим исследуемый минерал в положение угасания. В этом положении оси индикатрисы параллельны нитям окуляра (см. рис. 11). Затем поворачиваем столик микроскопа на  $45^\circ$  против часовой стрелки. Этим мы поворачиваем ось индикатрисы, которая совпадала с вертикальной нитью микроскопа, в положение, ориентированное параллельно прорези тубуса микроскопа, в которую вставляется компенсатор.

Вводим компенсатор и наблюдаем изменение интерференционной окраски минерала. Если оси индикатрисы минерала  $N_p$  и  $N_g$  *совпадают* по направлению с одноименными осями компенсатора (рис. 13), то происходит

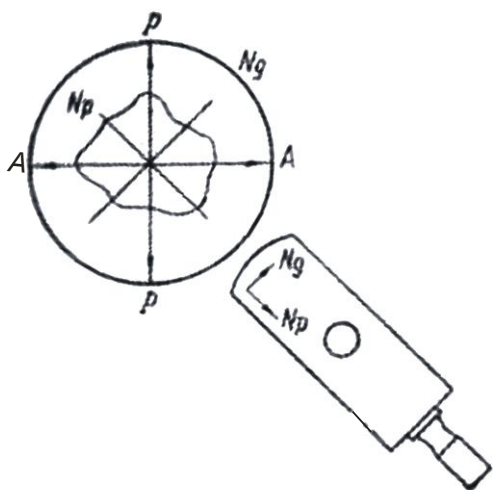


Рис. 13. Совпадение одноименных осей индикатрисы

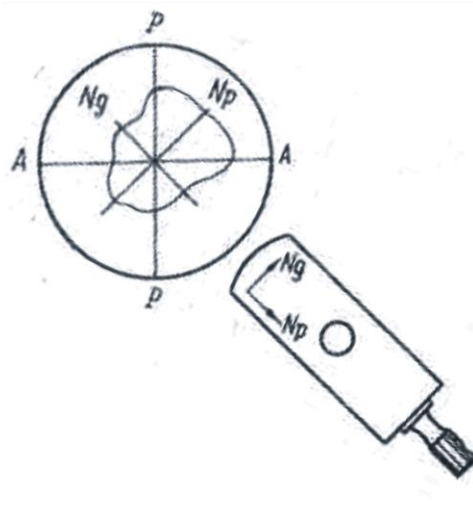


Рис. 14. Совпадение разноименных осей индикатрисы

сложение разностей хода минерала и компенсатора – интерференционная окраска *повышается*. Если оси индикатрисы минерала и компенсатора *не совпадают* по направлению (рис. 14), то общая разность хода уменьшается и интерференционная окраска *понижается*. Если компенсатором с разностью хода 550-560 нм устанавливают наименования осей индикатрисы зерна с интерференционной окраской **I порядка**, то повышение или понижение интерференционной окраски определяется по отношению к компенсатору.

Например, минерал обладает белой интерференционной окраской *I* порядка ( $R = 200$  нм). При совпадении одноименных осей индикатрисы в минерале и в компенсаторе происходит сложение разностей хода ( $R = 200 + 560 = 760$  нм) и интерференционная окраска повышается (относительно красной окраски компенсатора - 550-560 нм) до сине-зеленой *II* порядка (760 нм). При обратном расположении осей индикатрисы разность хода уменьшается ( $R = 560 - 200 = 360$  нм) и интерференционная окраска понижается (относительно красной окраски компенсатора - 550-560 нм) до желтой *I* порядка (360 нм).

Компенсатор с разностью хода 550-560 нм может быть использован и при определении наименования осей индикатрисы минералов с **высокой интерференционной окраской**. Как отмечалось ранее, на скошенных краях зерен таких минералов могут наблюдаться участки (чаще всего в виде полосок по краям зерен) с низкой интерференционной окраской (серой, белой, желтой *I* порядка). По ним описанным выше способом можно определить наименование осей индикатрисы. В случае совпадения одноименных осей индикатрисы компенсатора и зерна серая окраска на скошенном крае зерна при введении компенсатора станет синей или зеленой и, наоборот, если у компенсатора и зерна совпадут разноименные оси, серая окраска на скошенном крае зерна станет желтой или оранжевой.

При работе с компенсатором рекомендуется контролировать правильность измерений, определяя у изучаемого зерна наименования обеих осей индикатрисы. Если в одном положении было, например, совпадение направления осей индикатрисы в зерне и в компенсаторе, то после поворота на  $90^\circ$  должен наблюдаться противоположный эффект.

Для определения наименования осей индикатрисы может быть использован также *кварцевый клин* – компенсатор, толщина которого увеличивается от одного его конца к другому. Направление тонкого конца обозначается на оправе острым углом треугольника (рис. 15). По мере введения кварцевого клина в прорезь тубуса микроскопа тонким концом вперед толщина

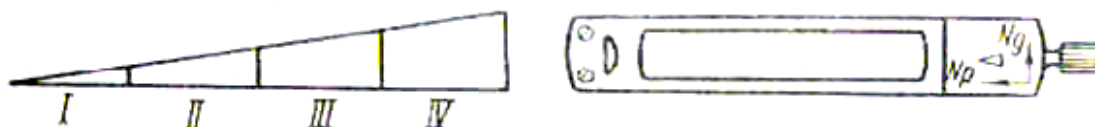


Рис. 15 . Кварцевый клин

наблюдаемой в поле зрения части компенсатора возрастает и видимая интерференционная окраска компенсатора последовательно повышается - от *I* до *III* и *IV* порядка (см. рис. 15), как на номограмме Мишель-Леви.

Кварцевый клин позволяет различать повышение или понижение интерференционной окраски по скошенным краям зерен высокодвупреломляющих минералов («метод бегущих полосок»).

Если при вдвигании кварцевого клина цветные полосы интерференционной окраски на скошенном крае зерна перемещаются *от центра* минерала к его краям, то оси эллипса в клине и в минерале *совпадают*. Если же цветные полосы при вдвигании клина перемещаются от краев зерна к центру, то оси эллипса в клине и в минерале не совпадают. Чтобы передвижение цветных полосок было заметно, следует вдвигать клин не слишком медленно. Следует иметь в виду, что при несовпадении осей эллипса передвижение полосок обычно заметно лучше, чем при совпадении осей.

*Порядок работы при определении угла угасания:*

1) Находим зерно с наивысшей интерференционной окраской и системой четких параллельных трещин спайности; ставим зерно на центр нитей окуляра.

2) Поворотом столика микроскопа ставим трещины спайности параллельно вертикальной нити окуляра. Берем отсчет на лимбе столика микроскопа.

3) Поворачиваем столик микроскопа до ближайшего положения угасания минерала (то есть совмещаем одну из осей индикатрисы с вертикальной нитью окуляра). Снова берем отсчет на лимбе столика микроскопа. Разность первого и второго отсчетов - угол угасания.

4) В положении угасания зерно зарисовываем, отмечаем направления осей индикатрисы (параллельно нитям окуляра), трещин спайности и показываем измеренный угол угасания (чтобы лучше видеть спайность, зарисовку можно делать, выключив в положении угасания анализатор).

5) С помощью компенсатора определяем наименование оси индикатрисы, по отношению к которой измерен угол угасания. Подписываем наименования осей индикатрисы на зарисовке.

Записываем результаты измерения угла угасания: например,  $cN_g = 15^\circ$  (угол между спайностью и  $N_g$  равен  $15^\circ$ ).

### ***Знак удлинения***

Знак удлинения характеризует ориентировку оптической индикатрисы относительно направления вытянутости кристаллов или относительно трещин спайности в вытянутых сечениях кристаллов.

Удлинение считается положительным, если ось индикатрисы  $N_g$  совпадает с длинной осью кристалла (трещинами спайности) или отклоняется от нее не более, чем на  $30^\circ$  ( $cN_g \leq 30^\circ$ ). Если же такое положение занимает ось  $N_p$  ( $cN_p \leq 30^\circ$ ), то удлинение считается отрицательным. При углах угасания, равных  $30 - 45^\circ$ , знак удлинения не определяют.



## ***Плеохроизм***

Плеохроизм – способность минерала неодинаково поглощать свет разных частей спектра по различным направлениям. Плеохроизм проявляется в изменении собственной окраски минерала (наблюдается при выключенном анализаторе) при вращении столика микроскопа: поворачивая столик микроскопа, мы изменяем положение зерна относительно плоскости колебаний света, выходящего из поляризатора.

Различают три типа плеохроизма:

- 1) изменяется интенсивность окраски, а цвет сохраняется (например, у биотита, который может плеохроировать от светло- до темно-бурого цвета);
- 2) изменяется как интенсивность окраски, так и цвет минерала (например, у роговая обманки, которая может при вращении столика микроскопа менять окраску от светло-желтой до темно-зеленой);
- 3) изменение окраски не сопровождается изменением ее интенсивности (например, у гиперстена, который плеохроирует от бледно-розового до бледно-зеленого).

Для определения окраски по  $N_g$  и  $N_p$  используют зерно минерала с наивысшей интерференционной окраской. Сначала в зерне определяют положение и наименования осей индикатрисы. Затем устанавливают зерно в положение угасания. Выключают анализатор и наблюдают окраску по той оси индикатрисы, которая в данный момент совмещена с плоскостью колебаний поляризатора (например,  $N_g$ ). Затем поворотом столика на  $90^\circ$  совмещают с направлением колебаний света в поляризаторе другую ось индикатрисы (например,  $N_p$ ) и, выключив анализатор, наблюдают соответствующую ей окраску.

Для определения окраски по  $N_m$  (у двуосных минералов) используются разрезы с наинизшей интерференционной окраской. В скрещенных николях такие разрезы черные или темно-серые и остаются таковыми при вращении столика микроскопа. Разрез с наинизшей интерференционной окраской соответствует круговому сечению индикатрисы, радиусом которого является  $N_m$ , так что при любом повороте столика микроскопа собственная окраска минерала (наблюдаемая при выключенном анализаторе) в этом разрезе одинакова и характеризует  $N_m$ . Чаще всего окраска по  $N_m$  является промежуточной между окрасками по  $N_g$  и  $N_p$ .

Записав цвета по осям индикатрисы (запись ведется с указанием окраски и ее интенсивности, например:  $N_g$  – темно-зеленая,  $N_p$  – светлая зеленовато-желтая), составляем *схему абсорбции* (поглощения света).

Если окраска по  $N_g$  более темная, чем по  $N_m$ , а последняя более темная, чем по  $N_p$ , то схема абсорбции называется *прямой* (обозначается  $N_g > N_m > N_p$ ). Такая схема абсорбции наблюдается, например, у биотита.

Если окраска по  $N_p$  более темная, чем  $N_m$ , а последняя более темная, чем по  $N_g$ , то схема абсорбции называется *обратной* (обозначается  $N_g < N_m < N_p$ ), например, у эгирина.

В тех случаях, когда меняется только окраска, а густота окраски не меняется, исследование плеохроизма ограничивается записями окрасок по осям индикатрисы: например, у гиперстена:  $N_g$  – бледно-зеленая,  $N_p$  – бледно-розовая.

## **1.5. Исследования при включенном анализаторе в сходящемся свете**

Метод исследования в сходящемся свете (коноскопический метод) основан на использовании прохождения через кристалл сходящегося (в виде конуса) пучка плоскополяризованных лучей, которые пересекаются в центре кристалла. При этом под микроскопом наблюдается не сам кристалл, а его интерференционная (коноскопическая) фигура.

Исследования в сходящемся свете позволяют определить осьность минерала, его оптический знак и приближенно величину угла оптических осей ( $2V$ ) двусных минералов.

### ***Методика работы***

Изучение минералов коноскопическим методом проводится при включенном анализаторе с введенной в осветительную систему микроскопа линзой Лазо (см. рис. 2, 3), создающей сходящийся пучок лучей. Пройдя через кристалл, лучи становятся расходящимися. Чтобы затем собрать эти лучи, используют объектив с увеличением  $40^x$  или  $60^x$ . После прохождения собранных лучей через анализатор возникает оптический эффект, называемый интерференционной, или коноскопической, фигурой. Ее рассматривают при вынужденном окуляре или через окуляр, но с линзой Бертрана.

Чаще всего в сходящемся свете изучают разрезы, перпендикулярные к оптической оси, или близкие к этому направлению.

Порядок работы:

1. В параллельном свете с объективом  $8^x$  или  $9^x$  находим разрез минерала с наиболее низкой интерференционной окраской – черной или темно-серой, не меняющейся или почти не меняющейся при вращении столика микроскопа (в случае минерала с высоким двупреломлением можно использовать и сечения с белой и желтоватой окраской  $I$  порядка). Если минерал окрашен, то без анализатора такое зерно не должно обнаруживать плеохроизма. Зерно должно быть достаточно крупным – при большом увеличении ( $60^x$  или  $40^x$ ) занимать не менее четверти поля зрения.

Помещаем это зерно в центр поля зрения. При выключенном анализаторе добиваемся наиболее яркого и равномерного освещения поля зрения; полностью открываем диафрагму, поднимаем осветительное устройство вверх до упора.

2) Меняем объектив  $8^x$  или  $9^x$  на объектив  $60^x$  или  $40^x$  (предварительно хорошо отцентрированный) и еще раз проверяем, что шлиф установлен

покрывным стеклом вверх. Объектив с большим увеличением имеет короткое фокусное расстояние. Это расстояние меньше толщины предметного стекла и при попытке сфокусировать его на минерал в шлифе, положенном покрывным стеклом вниз, шлиф может быть раздавлен и объектив испорчен.

Наводим на фокус. Чтобы не раздавить шлиф, сначала опускаем тубус винтом грубой наводки, смотря сбоку на объектив. Подводим объектив к шлифу так, чтобы между входной линзой объектива и поверхностью шлифа остался лишь незначительный просвет (меньше миллиметра). После этого, глядя в окуляр, начинаем поднимать тубус и наводим на резкость.

3) Включаем анализатор и линзу Лазо, а затем вводим линзу Бертрана или вынимаем окуляр. Наблюдаем коноскопическую фигуру (без окуляра она будет маленькой и четкой, а с окуляром и линзой Бертрана – менее четкой, но зато более крупной).

### ***Разрез, перпендикулярный оптической оси одноосного кристалла***

В данном разрезе коноскопическая фигура имеет вид темного креста, ветви (балки) которого ориентированы вдоль нитей окуляра и пересекаются в центре поля зрения (в точке выхода оптической оси). При вращении столика микроскопа крест не изменяет своего положения (рис. 16).

У минералов с низким двупреломлением (кварц, нефелин) контуры коноскопического креста расплывчатые, между балками креста - интерференционная окраска I порядка. У минералов с высоким двупреломлением балки креста более тонкие и четкие, между балками располагаются цветные кольца интерференционной окраски нескольких порядков.

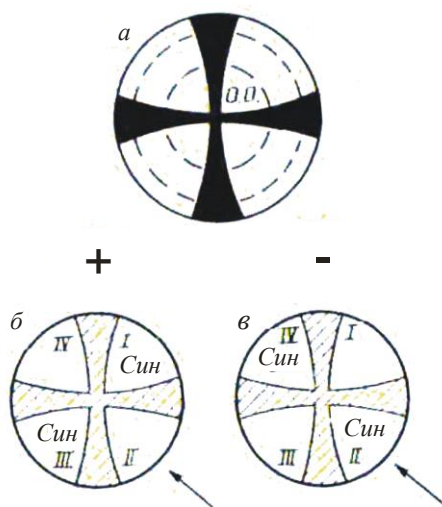


Рис. 16. Коноскопическая фигура одноосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (а), и определение оптического знака в этом разрезе с помощью компенсатора (б, в)

Для определения оптического знака кристалла можно использовать компенсатор с разностью хода 560-570 нм. Получив коноскопическую фигуру, вводим компенсатор в прорезь тубуса микроскопа и наблюдаем изменение интерференционной окраски у перекрестия балок креста. Если во II и IV квадрантах появляется желтая окраска первого порядка, а в I и III квадрантах – синяя окраска второго порядка, то кристалл оптически положителен (рис. 16, б). Если во II и IV квадрантах возникает синяя окраска второго порядка, а в I и III квадрантах – желтая окраска первого порядка, то кристалл оптически отрицателен (рис. 16, в).

Сам крест приобретает при этом красную окраску, соответствующую разности хода компенсатора ( $R = 560-570$  нм).

Если разрез не строго перпендикулярен оптической оси, то центр коноскопической фигуры (креста) будет смещен относительно перекрестия нитей окуляра. При вращении столика микроскопа центр креста будет описывать окружность вокруг центра поля зрения, а балки креста будут перемещаться параллельно нитям окуляра. Горизонтальная балка при этом перемещается снизу вверх или сверху вниз, а вертикальная – справа налево или слева направо (рис. 17).



Рис. 17. Коноскопическая фигура одноосного кристалла в косом разрезе (стрелками показано направление вращения столика)

При определении оптического знака в данном случае крест коноскопической фигуры следует перед введением компенсатора установить так, чтобы большая часть поля зрения была занята II или IV квадрантом (см. рис. 16), а далее вести определение, как описано выше.

#### ***Разрез, перпендикулярный оптической оси двуосного кристалла***

Коноскопическая фигура имеет вид темной изогнутой полосы – *изогирь*, проходящей через центр поля зрения (выход оптической оси). При вращении столика микроскопа изогиря поворачивается вокруг центра поля зрения, то выпрямляясь (при совпадении с одной из нитей окуляра), то изгибаясь (рис. 18).

Если разрез ориентирован строго перпендикулярно оптической оси, изогиря при вращении столика микроскопа из поля зрения не выходит. Если же разрез ориентирован не совсем перпендикулярно оптической оси, то изогиря

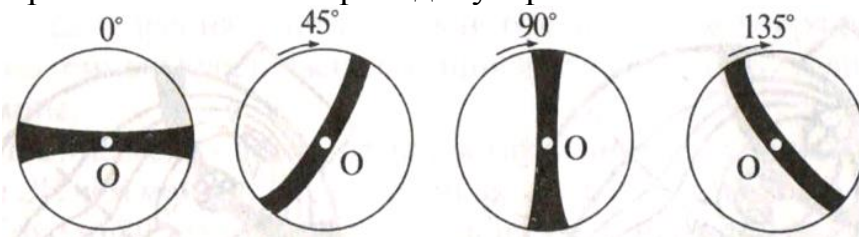


Рис.18. Коноскопическая фигура двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (O), и ее поведение при вращении столика микроскопа (показано стрелками)

при вращении столика может уходить за пределы поля зрения, перемещаясь *диагонально* по отношению к нитям окуляра (это отличает сечения двуосных кристаллов от косых разрезов одноосных кристаллов, когда балки креста перемещаются *параллельно* нитям окуляра).

По степени изогнутости изогирь приближенно можно оценить величину угла  $2V$ . Для этого изогирю нужно установить под углом  $45^\circ$  к нитям окуляра.

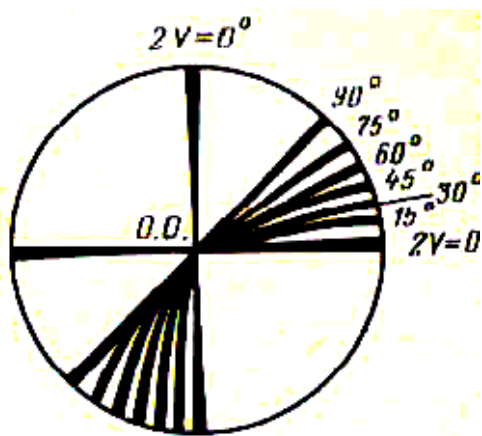


Рис.19. Диаграмма для приближенной оценки величины угла  $2V$  в разрезе, перпендикулярном оптической оси

Чем больше угол оптических осей, тем меньше изогнута изогиря, а при угле  $2V$ , равном  $90^\circ$ , она становится прямолинейной (рис. 19).

Для определения оптического знака двуосного минерала следует повернуть столик микроскопа так, чтобы изогиря располагалась поперек направления введения компенсатора (рис. 20). Если при введенном компенсаторе на выпуклой стороне изогирь появится синий, а на вогнутой – желтый цвет, то минерал оптически положительный. Если распределение окрасок обратное, то минерал оптически отрицательный (см. рис. 20). Сама изогиря в обоих случаях принимает красную окраску.

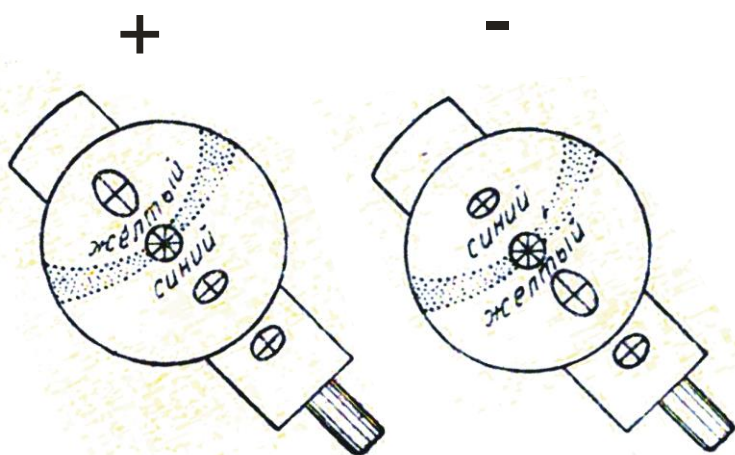


Рис. 20. Определение оптического знака двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (рисунок с введенным компенсатором)

## 1.6. План описания минерала под микроскопом

Приступая к описанию исследуемого минерала, нужно сначала внимательно просмотреть весь шлиф (при выключенном и при включенном анализаторе) и примерно оценить, сколько и какие минералы имеются в шлифе. После этого изучаемый минерал описывают в следующем порядке.

*При выключенном анализаторе*

1. Процентное содержание минерала в породе – путем сравнения площади, занимаемой минералом, с площадью поля зрения.

2. Размеры зерен минерала. Измеряют длину и ширину преобладающих по размеру зерен.

3. Форма зерен в различных разрезах и, как вывод, пространственная форма кристалла.

4. Спайность. Отмечают наличие или отсутствие спайности, степень ее совершенства, число направлений спайности, величину угла между плоскостями спайности.

5. Цвет и плеохроизм минерала.

6. Показатель преломления: направление перемещения полоски Бекке, характер ограничений, рельефа, шагреневой поверхности, группа по таблице Лодочникова. Псевдоабсорбция.

*При включенном анализаторе*

*А. В параллельном свете*

7. Толщина шлифа.

8. Двупреломление, с указанием наивысшей интерференционной окраски и метода определения.

9. Угасание и ориентировка осей индикатрисы с зарисовкой.

10. Характер удлинения.

11. Схема плеохроизма с указанием окраски по осям индикатрисы.

*Б. В сходящемся свете*

12. Осность.

13. Оптический знак.

14.  $2V$  (грубая оценка).

## **1.7. Примеры описания минералов в шлифе**

(по Л. И. Кравцовой и М. Н. Чукашевой, с изменениями)

1. Зерна минерала в шлифе имеют преимущественно вытянутую форму с прямолинейными ограничениями параллельно спайности и неровными поперек спайности. Реже встречается неправильная, близкая к изометричной, форма зерен. В разрезах вытянутой формы наблюдается весьма совершенная спайность в виде тонких почти непрерывных линий вдоль удлинения. В зернах изометричной формы спайности не наблюдается. Судя по этим данным, минерал имеет пластинчатую форму.

Минерал в шлифе прозрачен, бесцветен. Показатель преломления выше, чем у канадского бальзама, так как полоска Бекке при поднятии тубуса микроскопа перемещается в сторону минерала. Ограничения и шагреневая поверхность относительно слабые. По этим признакам минерал относится к IV группе таблицы Лодочникова.

Минерал обладает псевдоабсорбцией: при совмещении спайности с вертикальной нитью окуляра ограничения и шагреневая поверхность более отчетливы, чем при совмещении спайности с горизонтальной нитью.

В скрещенных николях минерал имеет прямое угасание относительно спайности и положительное удлинение ( $cN_g = 0^\circ$ ).

Толщина шлифа определена по кварцу. Наивысшая интерференционная окраска кварца желтовато-белая *I* порядка, что соответствует разности хода 300 нм. Зная, что у кварца  $N_g - N_p = 0.009$ , по номограмме Мишель-Леви находим, что толщина шлифа равна 0.033 мм.

Наивысшая интерференционная окраска исследуемого минерала красная *II* порядка (разность хода 1050 нм), что соответствует, по номограмме Мишель-Леви, величине двупреломления  $N_g - N_p$ , равной 0.032.

Для определения осности минерала использовано зерно изометричной формы с белой интерференционной окраской *I* порядка. В сходящемся свете наблюдалась интерференционная фигура в виде изогри, из чего можно сделать вывод, что минерал двуосен. По кривизне изогри  $2V = 40 - 50^\circ$ . Оптический знак минерала отрицательный – на вогнутой стороне изогри при введении компенсатора появляется синяя окраска.

Судя по приведенным данным, изученный минерал – мусковит.

2. Минерал образует сечения прямоугольной удлиненной формы, с отношением длины к ширине 4:1 (со спайностью вдоль удлинения), а также ромбовидной формы (со спайностью по двум направлениям под углом  $124^\circ$ ). Из этого можно сделать вывод, что кристаллы минерала имеют призматический облик.

Минерал прозрачный, окрашен в зеленый цвет и обнаруживает плеохроизм, проявляющийся в изменении цвета и интенсивности окраски. По показателю преломления минерал соответствует V группе таблицы Лодочникова: имеет ясные ограничения, ясную шагреневую поверхность и положительный рельеф.

В скрещенных николях в отдельных зернах (преимущественно в поперечных разрезах) наблюдаются простые двойники. Наивысшая интерференционная окраска синяя *II* порядка, разность хода 700 нм (определено по естественному клину на краю зерна). Толщина шлифа определена по плагиоклазу, двупреломление которого принято равным 0.008. Наивысшая интерференционная окраска плагиоклаза в шлифе белая *I* порядка, соответствующая разности хода 250 нм. По этим данным толщина шлифа, определенная по номограмме Мишель-Леви, равна 0.031 мм. Используя данное значение толщины шлифа, определяем по номограмме двупреломление изучаемого минерала:  $N_g - N_p = 0.022$ .

Угасание относительно спайности в разрезе с наивысшей интерференционной окраской косое:  $cN_g = 18^\circ$ , удлинение положительное. Прямая схема абсорбции  $N_g > N_m > N_p$ : окраска по  $N_g$  – густая сине-зеленая, по  $N_m$  – буровато-зеленая, по  $N_p$  – светлая желто-зеленая.

Осность определялась в изотропном сечении. В сходящемся свете наблюдалась интерференционная фигура в виде слабо изогнутой изогри – минерал двуосный, угол  $2V$  около  $70 - 80^\circ$ . Оптический знак отрицательный –

при введенном компенсаторе на вогнутой стороне изогирь наблюдалась синяя окраска.

По полученным данным минерал диагностируется как амфибол (роговая обманка).

## 1.8. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «оптическая ось кристалла».
2. Что означает величина  $2V$  ?
3. Каков оптический знак кристалла, если острой биссектрисой угла  $2V$  является  $N_g$ ?
4. Для чего в микроскопе предназначена диафрагма?
5. Существует ли связь между положением нитей в окуляре микроскопа и расположением плоскостей поляризации в поляризаторе и анализаторе?
6. Как ориентирована плоскость колебаний поляризатора в Вашем микроскопе?
7. Как производится центровка микроскопа?
8. Чему равняется цена минимального деления шкалы окуляр-микрометра с объективом  $8^x$ ?
9. Какие оптические свойства минералов определяются при выключенном анализаторе?
10. При каком положении николей (поляризатора и анализатора) наблюдают плеохроизм?
11. Что является причиной псевдоабсорбции?
12. Каково положение осей индикатрисы в зерне минерала в момент его угасания?
13. Дайте определение понятия «сила двойного лучепреломления».
14. Перечислите цвета интерференции, относящиеся к  $I$  порядку.
15. В каких разрезах индикатрисы интерференционная окраска кристалла наивысшая, и в каких наименьшая?
16. Для определения каких констант используются разрезы с наивысшей интерференционной окраской?
17. Какова наивысшая интерференционная окраска у пироксена, если  $N_g = 1.654$ ,  $N_p = 1.664$ , а толщина шлифа равна  $0.03$  мм?
18. Какова толщина шлифа, если плагиоклаз имеет наивысшую интерференционную окраску желтую  $I$  порядка (разность хода  $400$  нм) при  $N_g - N_p = 0.008$  ?
19. Какое зерно минерала выбирается для определения угла угасания?
20. Какая ось индикатрисы совпадает с длинной стороной компенсатора?
21. В каких разрезах плеохроичных минералов можно наблюдать окраску по  $N_m$ ?
22. По каким признакам выбирается в шлифе зерно минерала для определения осности и оптического знака?



23. Как в сходящемся свете отличить минерал тетрагональной сингонии от минерала ромбической сингонии?
24. Чем отличается коноскопическая фигура одноосного и двуосного кристаллов в разрезах, перпендикулярных оптической оси?
25. Чем отличается коноскопическая фигура в разрезе, перпендикулярном оптической оси, у двуосных минералов при угле  $2V$ , близком к  $90^\circ$ , и при угле  $2V$ , близком к  $0^\circ$ ?

## 2. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

### 2.1. Минералы магматических пород

#### *Кварц*

$\text{SiO}_2$ . Низкотемпературный кварц относится к тригональной сингонии, а высокотемпературный – к гексагональной.

В интрузивных породах форма зерен кварца чаще всего неправильная. В вулканических и жильных породах кварц образует вкрапленники в форме гексагональной дипирамиды (продольные сечения таких вкрапленников могут иметь квадратную форму) или в виде изометричных округлых выделений.

Без анализатора прозрачный, бесцветный, без спайности и вторичных изменений. Иногда наблюдается волнистое угасание.

Показатели преломления (наибольший - 1.553, наименьший - 1.544) больше показателя преломления канадского бальзама. Относится к III группе Лодочникова – шагреневая поверхность отсутствует, рельеф слабый положительный, ограничения заметны слабо.

Двупреломление 0.009. Интерференционная окраска серая, белая, в утолщенных шлифах – желтая I порядка. Одноосный, положительный.

Кварц может быть сходен в шлифах с несдвойникованным плагиоклазом. В этом случае его можно отличить от плагиоклаза по осности и отсутствию спайности. От калиевых полевых шпатов кварц отличается более высоким показателем преломления и осностью. Кварц можно спутать с нефелином, от которого он отличается оптическим знаком и отсутствием вторичных изменений. С кварцем в шлифах сходен также свежий кордиерит, но последний нередко имеет двойниковое строение и двуосен.

#### *Нефелин* $\text{Na}_3\text{K}(\text{AlSiO}_4)_4$

Гексагональная сингония. Идиоморфные зерна нефелина имеют форму гексагональных призм и дают срезы прямоугольной или правильной шестиугольной формы. Во многих случаях образует зерна неправильной формы.

Без анализатора прозрачный, бесцветный (измененный – сероватый, мутный). Спайность плохо выражена и может не наблюдаться.

Показатель преломления близок к показателю преломления канадского бальзама ( $n_o = 1.532 - 1.547$ ,  $n_e = 1.529 - 1.542$ ). Рельеф и шагреневая поверхность отсутствуют.

Двупреломление 0.003 – 0,005. Интерференционная окраска серая I порядка. Иногда почти изотропный.

Одноосный, отрицательный. Для определения осности нефелина следует выбирать совершенно изотропные сечения, так как вследствие низкого двупреломления он дает расплывчатую коноскопическую фигуру (это является одним из отличий нефелина от кварца, у которого даже в недостаточно изотропных сечениях получается отчетливая коноскопическая фигура).

Нефелин легче других минералов магматических пород подвергается вторичным изменениям – замещению канкринитом, цеолитами, серицитом (показатель преломления канкринита и цеолитов ниже, чем у канадского бальзама и у нефелина; канкринит в скрещенных николях по ярким цветам интерференции напоминает мусковит, от которого отличается низким показателем преломления, отрицательным знаком удлинения и одноосностью; цеолитам свойственно низкое двупреломление и розовый дисперсионный эффект).

Нефелин обладает сходством с кварцем и калиевым полевым шпатом. От кварца нефелин отличается меньшим двупреломлением, оптическим знаком, а также по присутствию продуктов изменения и иногда – слабо проявленной спайности. Показатель преломления нефелина не может служить достаточным критерием для отличия его от кварца, так как он изменчив и по величине иногда больше, чем у канадского бальзама. Совместно с кварцем нефелин не встречается. Калиевые полевые шпаты, в отличие от нефелина, имеют отчетливо отрицательный рельеф, совершенную спайность и оптически двуосны (кроме санидина).

### ***Калиевые полевые шпаты***

Калиевые полевые шпаты - санидин, ортоклаз, микроклин - имеют общий состав  $K(AlSi_3O_8)$ . Санидин и ортоклаз моноклинные, микроклин триклинный. Они являются тремя структурными разновидностями одного минерального вида «калиевый полевой шпат».

В шлифах эти минералы представлены идиоморфными таблитчатыми зернами (в эффузивных породах), либо зернами изометрической или неправильной формы (в ряде интрузивных и метаморфических пород).

Неизменные калиевые полевые шпаты обычно бесцветны. Они обладают совершенной спайностью по двум направлениям - в моноклинных кристаллах угол между плоскостями спайности  $90^\circ$ , а в триклинных - незначительно отличается от  $90^\circ$ . В шлифах в зернах калиевого полевого шпата часто видно лишь одно направление спайности.

Характерны низкие показатели преломления - ниже, чем у канадского бальзама, и ниже, чем у любого плагиоклаза, в том числе альбита. Это важнейший диагностический признак калиевых полевых шпатов, отличающий

их от кварца и плагиоклазов. В связи с этим присутствие калиевого полевого шпата в шлифе можно устанавливать при выключенном анализаторе по дисперсионному эффекту (см. раздел 1.3). Особенно полезно использовать дисперсионный эффект, когда калиевый полевой шпат образует мелкие зерна, которые можно спутать с зернами несдвойникового кислого плагиоклаза и кварца.

Интерференционная окраска калиевых полевых шпатов низкая (темно-серая, серая) – двупреломление редко превышает 0.007, а у санидина может иногда опускаться до 0.003.

Измененные (пелитизированные) калиевые полевые шпаты без анализатора выглядят буроватыми (в отличие от сероватых сосюритизированных плагиоклазов).

*Санидин* – наименее упорядоченная разновидность калиевых полевых шпатов. Кристаллизуется при температуре более 800 °С и сохраняется при условии быстрого охлаждения минерала (в эффузивных породах).

В шлифах санидин свежий, типичны водяно-прозрачные кристаллы с прямым угасанием относительно (010), простыми двойниками и очень малой, в отличие от остальных полевых шпатов, величиной угла  $2V$  (0 - 40 °), в силу чего в сходящемся свете санидин дает коноскопическую фигуру одноосного кристалла.

*Ортоклаз* – калиевый полевой шпат с промежуточной степенью упорядоченности между санидином и микроклином. В шлифах отличается от санидина большим углом  $2V$  (40 - 80 °) и нередкой пелитизацией.

*Микроклин* – наиболее упорядоченный калиевый полевой шпат. Образуется при температуре ниже 600 - 650 °С в условиях медленного охлаждения или является продуктом преобразования ортоклаза и санидина, возникших при более высокой температуре.

Микроклин узнается по максимальному углу  $2V$  (80 - 85 °), косому угасанию относительно (010) и частому присутствию характерных полисинтетических двойников решетчатого облика, в которых сочетаются альбитовый и периклиновый законы двойникования (микроклиновая решетка). Двойниковая решетка микроклина отличается от перекрещивающихся полисинтетических двойников плагиоклаза узловатым строением и нерезкими границами полосок. Решетчатые двойники видны в плоскости (100). В других разрезах наблюдаются полосы одного направления, которые отличаются от прямых и параллельных двойников плагиоклаза расплывчатыми контурами.

В некоторых случаях в отдельных участках зерен решетчатая структура микроклина может становиться все более тонкой, вплоть до ее полного видимого исчезновения; в таких участках микроклин под микроскопом неотличим от ортоклаза. Поэтому при микроскопической диагностике калиевых полевых шпатов следует выделять санидин (с малым углом  $2V$ ), микроклин (с решетчатой структурой) и нерешетчатый калиевый полевой шпат, который может быть как ортоклазом, так и микроклином.

Для точной диагностики калиевых полевых шпатов используют столик Федорова и рентгеноструктурный анализ.

Из-за большой разницы в размерах ионов калия (1,33 Å) и натрия (0,98 Å) изоморфизм между ними в калиевых полевых шпатах осуществляется только при высоких температурах и при быстрой кристаллизации. При последующем медленном понижении температуры первоначально гомогенная кристаллическая фаза распадается на калиевую и натриевую: в калиевом полево шпате образуются тонкие закономерно ориентированные вроски альбита - *пертиты*; вроски калиевого полевого шпата в плагиоклазе - *антипертиты*.

Наряду с пертитами, образующимися при распаде высокотемпературного твердого раствора калишпат - альбитового состава (пертиты распада) встречаются также пертиты замещения, которые образуются в результате замещения калиевого полевого шпата альбитом при постмагматической альбитизации.

Закономерные прорастания калиевого полевого шпата и кварца графической структуры называются *микронефелитовыми*.

По отношению к серицитизации калиевые полевые шпаты обычно более устойчивы, чем плагиоклазы. Поэтому в одной и той же породе серицитизированные плагиоклазы могут соседствовать с совершенно свежими несерицитизированными зернами калиевого полевого шпата.

Калиевый полевой шпат можно спутать в шлифах с кварцем, нефелином и плагиоклазом.

Кварц не имеет спайности и практически не замещается вторичными минералами, а потому не имеет мутноватого облика. В случае же водяно-прозрачных разновидностей калиевого полевого шпата (санидина и адуляра), главным отличием является показатель преломления, который у кварца во всех сечениях больше, а у калиевых полевых шпатов меньше, чем у канадского бальзама. Кварц одноосный и положительный, а из всех полевых шпатов одноосным может быть только санидин; при этом его оптический знак отрицательный. При одинаковой толщине шлифа интерференционная окраска кварца (светло-серая, белая) чаще всего выше, чем у калиевых полевых шпатов (серая).

Нефелин одноосен, чем сходен с санидином. Но показатель преломления нефелина в зависимости от сечения может быть то выше, то ниже, чем у канадского бальзама. Идиоморфные зерна нефелина часто дают сечения прямоугольной или квадратной формы с прямым угасанием, в то время как для калиевого полевого шпата характерно косое угасание.

Микроклин при наличии микроклиновой решетки может быть по ней отличим от других минералов, в том числе от плагиоклазов. У плагиоклазов границы двойников прямые, тогда как у микроклина двойники веретеновидные с расплывчатыми границами. Несдвойникованные плагиоклазы и калиевые

полевые шпаты между собой отличаются с трудом - по характеру вторичных изменений (пелитизация калиевых полевых шпатов и серицитизация, соссюритизация плагиоклазов) и по показателю преломления.

У плагиоклазов, более основных, чем олигоклаз, показатель преломления всегда выше канадского бальзама, и лишь у кислых плагиоклазов он может быть ниже канадского бальзама. У калиевых полевых шпатов показатель преломления еще ниже, чем у кислых плагиоклазов. В мелкозернистых агрегатах для отличия калиевого полевого шпата от плагиоклазов может быть использован упоминавшийся выше дисперсионный эффект.

### **Плагиоклазы**

Плагиоклазы (триклинная сингония) представляют собой изоморфные смеси альбита  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$  и анортита  $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ; процентное содержание анортита в плагиоклазе называется номером плагиоклаза.

Номер плагиоклаза

0 - 10	альбит	кислый плагиоклаз
10 - 30	олигоклаз	"
30 - 50	андезин	средний плагиоклаз
50 - 70	лабрадор	основной плагиоклаз
70 - 90	битовнит	"
90 - 100	анортит	"

Форма кристаллов плагиоклазов чаще всего таблитчатая. Как и калиевые полевые шпаты, плагиоклазы в шлифах бесцветны – водяно-прозрачны, или же содержат скопления мельчайших включений, придающие им мутноватый характер. Спайность по двум направлениям под углом около  $87^\circ$ .

Показатели преломления плагиоклазов:  $n_g = 1.538 - 1.590$ ,  $n_p = 1.527 - 1.572$ . Значения показателей преломления возрастают с увеличением номера плагиоклаза: у альбита показатель преломления несколько ниже, чем у канадского бальзама, у олигоклаза примерно равен, а у средних и тем более основных плагиоклазов он выше, чем у канадского бальзама (в связи с этим у основных плагиоклазов появляется шагреневая поверхность).

Двупреломление  $0.007 - 0.013$  (минимальное – у олигоклаза), так что при включенном анализаторе при нормальной толщине шлифа наблюдается интерференционная окраска, подобная интерференционной окраске кварца (серовато-белая, белая, реже желтоватая I порядка), и лишь у плагиоклазов, близких по составу к анортиту, она может быть желтой I порядка.

Оптически двуосные, с большим углом  $2V (\pm 70 - 90^\circ)$ .

Очень характерно наличие полисинтетических двойников, особенно по альбитовому (имеют отрицательное удлинение) и периклиновому (имеют положительное удлинение) законам. У основных плагиоклазов обычны редкие широкие двойниковые полосы, у кислых – более многочисленные тонкие двойниковые полоски. Двойники, особенно по альбитовому закону, настолько

характерны для плагиоклазов, что позволяют отличать по ним плагиоклазы от других минералов.

Периклиновые и альбитовые двойники могут одновременно присутствовать в одном и том же зерне плагиоклаза. В этом случае наблюдается решетчатая структура, напоминающая такую же структуру микроклина, но отличающаяся тем, что двойниковые полосы всегда ограничены прямыми линиями, а не имеют веретеновидный облик с раздувами и пережимами, как у микроклина.

Зернам плагиоклазов свойственна зональность, наиболее хорошо развитая в вулканических породах, но практически всегда присутствующая и в плутонических породах. От центра к краям зерен плагиоклаза в большинстве случаев наблюдается повышение содержания альбитового компонента (прямая зональность). Реже встречается обратная зональность, характеризующаяся снижением содержания альбитового компонента к краям зерен. Иногда наблюдается ритмическая зональность с более сложным изменением состава от центра к краям зерен плагиоклаза.

*Мирмекиты* – червеобразные и каплевидные (в зависимости от разреза) вроски кварца в плагиоклазе на стыке его с калиевым полевым шпатом.

Вторичные изменения плагиоклазов: по кислым плагиоклазам развивается серицит, по основным – соссюрит (тонкозернистая смесь альбита, кальцита и минералов группы эпидота), пренит (сходен с серицитом, в отличие от которого имеет более высокий показатель преломления и отрицательное удлинение в разрезах со спайностью). Поэтому кислые и основные плагиоклазы можно в первом приближении различать по характеру вторичных изменений.

Серицитизированные плагиоклазы в шлифе при наблюдении без анализатора бесцветны, а соссюритизированные – из-за высокого рельефа минералов группы эпидота – серые, реже буроватые (при очень тонкозернистой соссюритизации). В скрещенных николях соссюрит имеет серую интерференционную окраску; высокие цвета интерференции имеют лишь отдельные достаточно крупные зерна эпидота.

Основные плагиоклазы легче подвергаются вторичным изменениям, чем кислые. Поэтому в зернах плагиоклаза, обладающих прямой зональностью, при почти полном разложении центральных частей зерен (имеющих более основной состав) наружные зоны роста (имеющие более кислый состав) могут быть чистыми, почти не затронутыми вторичными изменениями.

Плагиоклазы в шлифах можно спутать с калиевыми полевыми шпатами, кварцем, нефелином.

От калиевых полевых шпатов средние и основные плагиоклазы отличаются отчетливо положительным рельефом (калиевые полевые шпаты имеют отрицательный рельеф). Несдвойникованные кислые плагиоклазы отличаются от калиевых полевых шпатов вторичными изменениями: калиевые полевые шпаты подвергаются пелитизации, а плагиоклазы – серицитизации и

соссюритизации. Плаггиоклаз с одновременно присутствующими альбитовыми и периклиновыми двойниками можно спутать с микроклином, имеющим микроклиновую решетку. Но двойники плаггиоклазов имеют четкие и прямые границы, в то время как микроклиновое решетка имеет многочисленные раздувы и пережимы.

При отсутствии двойников плаггиоклазы отличаются от кварца наличием спайности и вторичных изменений, а также тем, что кварц является одноосным положительным минералом, в то время как плаггиоклазы двуосны.

От нефелина плаггиоклазы отличаются частым присутствием двойников и более высоким двупреломлением; кроме того, нефелин, в отличие от плаггиоклазов – одноосный отрицательный минерал.

### Определение состава плаггиоклаза

Полная и надежная диагностика плаггиоклазов, включающая в себя определение их состава, степени упорядоченности и закона двойникования, под микроскопом может быть проведена с использованием специальных федоровского и иммерсионного методов. Более точное определение состава плаггиоклазов (с учетом зональности кристаллов) производится с помощью электронного микрозонда. Однако достаточно надежные оценки состава плаггиоклаза можно получить с помощью поляризационного микроскопа и без использования специальных методик. Рассмотрим один из методов определения состава плаггиоклазов, основанный на данных по ориентировке оптической индикатрисы в кристаллах плаггиоклаза разного состава.

#### *Метод Мишель-Леви (метод максимального симметричного угасания)*

Для определения номера плаггиоклаза используются зерна с хорошо выраженными двойниками по альбитовому закону (эти двойники имеют отрицательное удлинение).

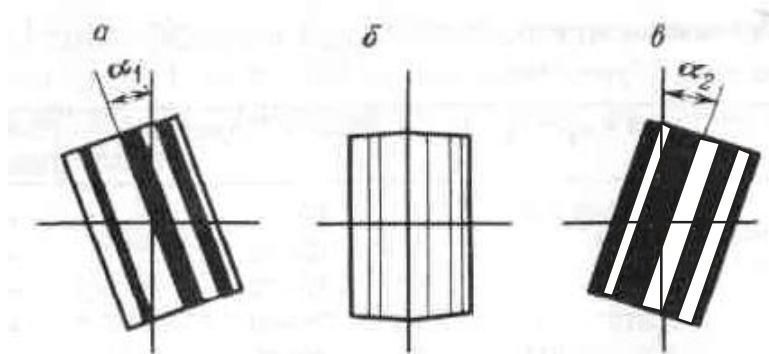


Рис. 21. Зерно плаггиоклаза с симметричным угасанием альбитовых двойников:

- a, в* – моменты угасания первой (*a*) и второй (*в*) систем двойников;
- б* – при совпадении двойникового шва с вертикальной нитью окуляра (двойниковые полосы имеют одинаковую интерференционную окраску)

При выборе зерен для замеров необходимо следовать следующим критериям:

1) граница между двойниковыми полосками должна быть четкая и резкая, при поднятии и опускании тубуса микроскопа она не должна смещаться в сторону;

2) в положении, когда двойниковый шов параллелен вертикальной нити окуляра, двойники по обе стороны от нее должны иметь одинаковую интерференционную окраску, то есть в этом положении двойниковое строение становится неразличимым (рис. 21, б)

Кроме того, следует стараться выбирать такие разрезы, которые при совмещении двойникового шва с вертикальной нитью окуляра являются более светлыми (углы угасания двойников в таких разрезах больше).

Найдя нужное зерно, измеряем угол угасания сначала для одной системы двойниковых полосок (поворотом столика в одну сторону –  $\alpha_1$  на рис. 21, а), а затем - для второй системы двойниковых полосок (поворотом столика в другую сторону –  $\alpha_2$  на рис. 21, в). Разница между углами угасания обеих систем двойников не должна превышать 3 - 4 ° («симметричное угасание»). Из двух полученных значений определяют средний угол симметричного угасания.

Измерение угла симметричного угасания производят у трех - пяти зерен и из полученных замеров берут максимальное значение, по которому определяют номер плагиоклаза, используя диаграмму, приведенную на рис. 22. На диаграмме по горизонтальной оси указаны номера плагиоклазов, а по вертикальной – углы угасания (если показатель преломления плагиоклаза выше, чем у канадского бальзама, угол угасания берется со знаком плюс, а если меньше или равен показателю преломления канадского бальзама – со знаком минус).

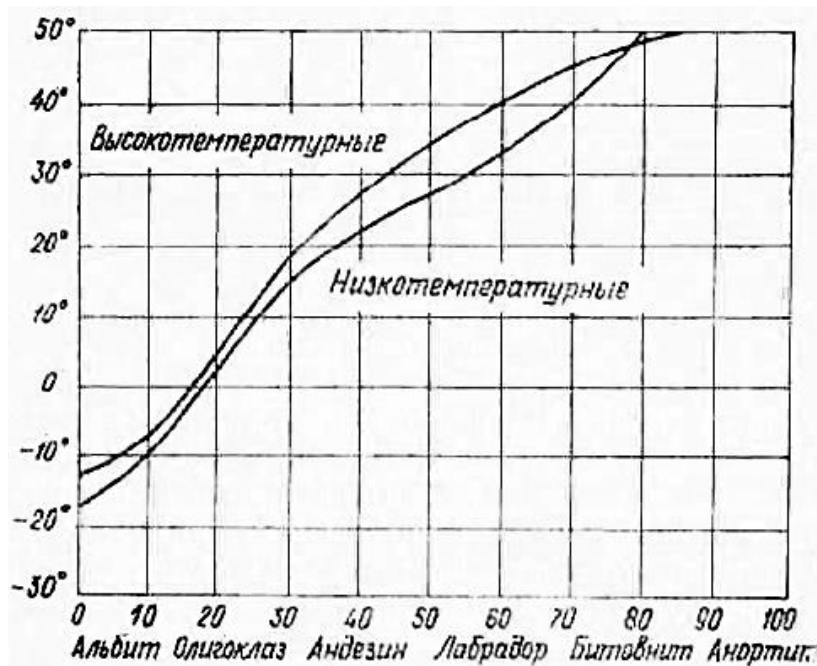


Рис. 22. Диаграмма для определения состава плагиоклазов методом Мишель-Леви (методом максимального симметричного угасания)



Нижняя кривая на диаграмме отображает изменение состава низкотемпературных плагиоклазов - по ней определяют плагиоклазы интрузивных и метаморфических пород. Верхняя кривая отображает состав высокотемпературных плагиоклазов – по ней определяют плагиоклазы кайнотипных эффузивных пород.

### **Биотит**

$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ . Моноклинная сингония. Относится к магнезиально - железистым триоктаэдрическим слюдам, образующим ряды флогопит – аннит и истонит – сидерофиллит. Межвидовым названием «биотит» обозначают изоморфные смеси упомянутых миналов.

В шлифах биотит бурый, зеленовато-бурый, красно-бурый (красно-бурый оттенок окраски вызывает повышенное содержание  $TiO_2$ , зеленый - высокое содержание окисного железа).

Образует чешуйки с весьма совершенной спайностью в одном направлении. Характерно полное отсутствие каких-либо пересекающих спайность поперечных трещин, как это обычно бывает у амфиболов и пироксенов.

В разрезах со спайностью наблюдается резкая шагреневая поверхность и относительно высокий рельеф ( $n_g = 1.610 - 1.697$ ,  $n_p = 1.571 - 1.616$ ). Показатели преломления и двупреломление биотита возрастают с увеличением содержания в нем железа. Характерен резкий плеохроизм с прямой схемой абсорбции ( $N_g \approx N_m > N_p$ ), причем по  $N_g$  и  $N_m$  цвет густой бурый или зеленый, а по  $N_p$  цвет слабый, иногда почти бесцветный. В разрезах, параллельных спайности, шагреневая поверхность, рельеф и плеохроизм выражены слабее. Нередко в биотите встречаются включения циркона, монацита и других минералов, окруженные плеохроичными «двориками» с более густой, иногда почти черной, окраской.

Двупреломление 0.039 - 0.081. Интерференционная окраска биотита часто затушевывается густой собственной окраской, поэтому разрез с наивысшей интерференционной окраской, необходимый для определения двупреломления, часто отыскивается с трудом. Угасание относительно спайности прямое, удлинение положительное.

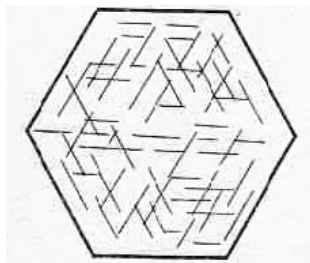


Рис. 23. Сагенит – тонкие иголки рутила, образующие сетку в хлорите, заместившем биотит

Двуосный, отрицательный. Угол  $2V$  часто приближается к  $0^\circ$ , из-за чего коноскопическая фигура в сходящемся свете близка к кресту.

В эффузивных породах вкрапленники биотита нередко окружены непрозрачной опацитовой каймой, образующейся за счет превращения биотита в магнетит.

При вторичных изменениях биотит замещается хлоритом и мусковитом. Переход биотита в хлорит сопровождается осветлением биотита, появлением зеленой окраски и уменьшением двупреломления. Часто на месте биотита вместе с хлоритом

образуются линзовидные скопления эпидота и титанита по трещинам спайности, а также тонкие иголки рутила. Последние, пересекаясь под углом  $60^\circ$ , иногда образуют в хлорите, замещающем биотит, сетку, называемую сагенитовой (рис. 23).

От хлорита биотит отличается резким плеохроизмом, более высоким двупреломлением и отсутствием аномальных цветов интерференции. От турмалина сходной окраски биотит отличается наличием спайности, двуосностью, положительным удлинением. От амфиболов биотит в разрезах со спайностью отличается прямым угасанием, резким плеохроизмом и более высоким двупреломлением. В разрезах, где спайность не видна, биотит отличается от амфиболов более низкими показателями преломления и небольшим углом  $2V$ .

### ***Мусковит***

$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ . Моноклинная сингония. Относится к диоктаэдрическим слюдам.

В шлифах бесцветный или слабо желтоватый, буроватый, зеленоватый. Образует чешуйки с весьма совершенной спайностью в одном направлении. В разрезах со спайностью наблюдается псевдоабсорбция ( $n_g = 1.588 - 1.624$ ,  $n_p = 1.552 - 1.570$ ).

Двупреломление  $0.036 - 0.054$ . В разрезах со спайностью обладает чистыми и яркими цветами интерференции *II* и начала *III* порядков. В разрезах, параллельных спайности, мусковит имеет низкую интерференционную окраску – серовато-белую или желтоватую *I* порядка, как у кварца. От кварца в этих разрезах мусковит отличается более высоким показателем преломления и двуосной отрицательной коноскопической фигурой.

Мелкочешуйчатая разновидность мусковита (*серицит*) в случае, если чешуйки тоньше толщины шлифа, обладает более низкими цветами интерференции, чем мусковит.

Угасание относительно спайности прямое, удлинение положительное. Угол  $2V = 35 - 50^\circ$ .

Мусковит можно спутать с тальком, пренитом, канкринитом и другими бесцветными минералами, обладающими отчетливой спайностью и высокими цветами интерференции. От талька мусковит отличается по минеральным ассоциациям и углу  $2V$  (у талька  $2V$  не превышает  $30^\circ$ ). Канкринит имеет показатели преломления ниже канадского бальзама.

Мусковит встречается в гранитах, аплитах, пегматитах, а также во многих метаморфических породах. При высоких давлениях он может кристаллизоваться из гранитной магмы, но чаще образуется в результате метасоматического замещения биотита и полевых шпатов. Серицит - самый распространенный продукт постмагматического изменения плагиоклазов.

## *Амфиболы*

Амфиболы – одна из наиболее распространенных групп минералов в земной коре. Они кристаллизуются в широком диапазоне температур и давлений, встречаются в магматических и метаморфических породах.

Моноклинные кальциевые амфиболы - тремолит  $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$  - ферроактинолит  $\square\text{Ca}_2\text{Fe}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ . Из их формул можно вывести формулы минералов, которые раньше обозначались как *роговые обманки* (в них кремний и другие катионы частично замещены алюминием с одновременным вхождением одновалентных и других катионов). Роговыми обманками объединенно называют амфиболы магматических пород до точного определения их состава. Встречающиеся в базальтах роговые обманки с высоким отношением  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  называют базальтическими роговыми обманками.

Кристаллам амфиболов свойственна вытянутая призматическая, до игольчатой, форма, отчетливый положительный рельеф и ясная шагреневая поверхность. Все наиболее распространенные амфиболы, кроме тремолита, который почти бесцветен, окрашены в зеленые, бурые, реже синие цвета и обладают плеохроизмом.

Самый надежный признак при микроскопической диагностике амфиболов - наличие спайности под углом  $124^\circ$ , которая обнаруживается в поперечных разрезах. В продольных разрезах видна система параллельных трещин спайности и секущие их косые неправильные трещинки.

Во всех разрезах моноклинных амфиболов, кроме перпендикулярных (010), наблюдается косое угасание, причем углы угасания  $cN_g$  не превышают  $30^\circ$ . Иногда встречаются простые и полисинтетические двойники по (100).

Двупреломление амфиболов колеблется в широких пределах. Наибольшего значения оно достигает у базальтической роговой обманки, минимального - у щелочных амфиболов.

Угол  $2V$  амфиболов большой и почти всегда отрицательный.

*Обыкновенная роговая обманка.* Окрашена в зеленые и бурые цвета, плеохроирует с изменением лишь густоты, но не оттенка окраски (в отличие от эгирина, обычно плеохроирующего от бурого до зеленого, а также от щелочных амфиболов). Следует помнить, что наиболее резко плеохроизм проявляется в разрезах с наивысшей интерференционной окраской, в которых располагаются оси  $N_g$  и  $N_p$ . Для определения окраски по  $N_m$  можно использовать изотропные сечения или разрезы со спайностью по двум направлениям, где ось  $N_m$  проходит вдоль длинной диагонали ромба, образуемого трещинами спайности.

Двупреломление 0.014 - 0.026. Углы угасания ( $cN_g$ )  $14 - 25^\circ$ . Удлинение положительное.

*Базальтическая роговая обманка.* Образует порфиновые вкрапленники в вулканических породах. Характерен резкий плеохроизм от соломенно-желтого до красно-бурого цвета, чем похожа на биотит. Базальтическая роговая обманка

сходна с биотитом также тем, что имеет углы угасания, близкие к прямому ( $0 - 15^\circ$ ), и высокое двупреломление (цвета интерференции III порядка). Наилучшее отличие от биотита – наличие поперечных разрезов с призматической спайностью. В сходящемся свете базальтическая роговая обманка, в отличие от биотита, дает двусную фигуру с большим углом  $2V$ .

Как и биотит, базальтическая роговая обманка может быть подвержена опацизации, которая проявляется в ее замещении агрегатом мельчайших зерен черного железорудного минерала и пироксена. При частичной опацизации черный минерал развивается в краевых частях кристаллов. Когда кристаллы опацизированы целиком, о роговой обманке можно судить по характерной форме кристаллов, особенно по ромбовидным поперечным сечениям. Наличие опацизированных амфиболов свойственно эффузивным и гипабиссальным магматическим породам.

*Тремолит.* Образует радиально-лучистые и волокнистые агрегаты сильно вытянутых кристаллов. Бесцветен, в сочетании с довольно высоким двупреломлением, косым угасанием и положительным удлинением. В магматических породах встречается как продукт изменения магнезиальных силикатов (оливина, пироксена).

*Актинолит.* Окрашен в светлые зеленоватые тона и обнаруживает слабый плеохроизм (от светло-синевато-зеленого или светло-зеленого по  $N_g$  до бледно-желтого или светло-желто-зеленого по  $N_p$ ). Углы угасания ( $cN_g$ )  $11 - 17^\circ$ . Двупреломление  $0.020$ . В магматических породах встречается как вторичный минерал.

*Щелочные амфиболы.* Отличаются от остальных амфиболов специфическими сине-черными, фиолетовыми и сиреневыми цветами плеохроизма, обратной схемой абсорбции и отрицательным удлинением (кроме встречающегося в метаморфических породах глаукофана, имеющего положительное удлинение и прямую схему абсорбции). Углы угасания  $2 - 20^\circ$ , двупреломление ниже  $0.012$  (интерференционная окраска обычно затемняется густой собственной окраской минерала).

Характерна дисперсия оптических осей, проявляющаяся в отсутствии полного угасания – вместо полного угасания получается тусклая синеватая окраска, сменяющаяся при вращении столика микроскопа на красноватую окраску.

Арфведсонит характеризуется резким плеохроизмом с голубовато-зеленой или сине-зеленой окраской по  $N_p$  (обратная схема абсорбции), низким двупреломлением и отрицательным удлинением.

Рибекит окрашен в более яркие тона. Плеохроизм очень резкий – от густо-синего, почти черного, по  $N_p$ , до светлого желтоватого по  $N_g$  (обратная схема абсорбции). Двупреломление очень низкое, угол угасания мал ( $1 - 8^\circ$ ), удлинение отрицательное.

## ***Пироксены***

Пироксены – одни из наиболее распространенных мафических силикатов многих высокотемпературных пород магматического и метаморфического происхождения.

*Магнезиально-железистые пироксены* кристаллизуются в ромбической (энстатит  $Mg_2(Si_2O_6)$ ) и ферросилит  $Fe_2(Si_2O_6)$ ) и моноклинной (клиноэнстатит и клиноферросилит) сингониях. Раньше промежуточные составы ряда энстатит – ферросилит имели свои названия (бронзит, гиперстен, феррогиперстен), которые сейчас упразднены.

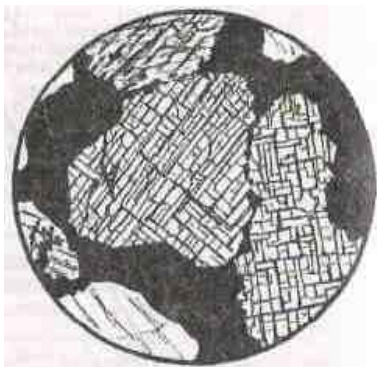


Рис. 24. Спайность диопсида в сечении, перпендикулярном оси *c*

*Кальциевые пироксены.* Диопсид  $CaMg(Si_2O_6)$  – геденбергит  $CaFe(Si_2O_6)$ .

*Натриевые пироксены.* Эгирин  $NaFe(Si_2O_6)$ , жадеит  $NaAl(Si_2O_6)$ .

По преобладающим миналам пироксенам дают составные названия типа диопсид-геденбергит, геденбергит-эгирин и т. п.

Авгит – это диопсид, или диопсид-геденбергит, или диопсид-эгирин несколько усложненного состава, имеющий характерные аномальные цвета интерференции.

Омфацит – диопсид-геденбергит, обогащенный жадеитовым и эгириновым миналом. Типичен для эклогитов.

В ультраосновных и основных магматических породах пироксены представлены энстатитом (и его более железистыми разновидностями, называемыми ранее гиперстеном и бронзитом) и диопсид-геденбергитом (в нем всегда есть примесь натриевого и алюминиевого миналов).

В средних и кислых интрузивных породах встречается диопсид (с изоморфной примесью геденбергита и эгирина), в щелочных породах – эгирин-диопсид, диопсид-геденбергит-эгирин (его называют эгирин-авгитом), эгирин.

В горных породах типа диабазов или базальтов пироксены чаще всего представлены диопсид-геденбергитом, но всегда с примесью натрия, алюминия, титана.

Все пироксены имеют ряд общих признаков, позволяющих уверенно отличать их под микроскопом от других минералов. Это прежде всего два направления совершенной спайности, пересекающихся под углом  $87 - 89^\circ$  (рис. 24), и высокие (1.65 – 1.80) показатели преломления (определяют высокий рельеф и резкую шагреневую поверхность пироксенов).

Для кальциевых и магниевых пироксенов (диопсид, энстатит) характерны зернистые агрегаты короткопризматических кристаллов, железистые

пироксены (эгирин, геденбергит) образуют шестоватые и игольчатые кристаллы, радиально - лучистые агрегаты. В шлифах пироксены преимущественно бесцветны или окрашены в слабые зеленоватые цвета и не плеохроируют (кроме гиперстена и эгирина).

При вторичных изменениях пироксены замещаются амфиболами, слюдами, хлоритом, иногда серпентином и тальком (особенно энстатит).

### Ортопироксены

Отличаются от клинопироксенов прямым угасанием (в связи с этим название «ортопироксены») и более низким двупреломлением. Следует, однако, иметь ввиду, что в сечениях, ориентированных не перпендикулярно плоскостям спайности, или поперечных двум плоскостям спайности, угасание будет косым. Для определения угла угасания нужно использовать удлиненные сечения с наиболее четкими следами спайности. Иногда  $cN_g$  достигает  $10^\circ$  - из-за присутствия ориентированных вдоль плоскостей спайности субмикроскопических вростков клинопироксена (эти вростки иногда бывают и крупными, различимыми в скрещенных николях).

Энстатит бесцветен,  $cN_g = 0^\circ$ , двупреломление 0.009. Оптически положителен.

Гиперстен плеохроирует от бледно-розового до бледно-зеленого (очень слабо). Угол угасания  $cN_g = 0 - 10^\circ$ , двупреломление до 0.013. Оптически отрицателен (как и бронзит). Смена оптического знака в ряду энстатит – ферросилит соответствует составу  $En_{88}$ .

В эффузивных породах вокруг вкрапленников ортопироксенов может быть опацитовая кайма.

При вторичных изменениях ортопироксены могут замещаться ромбическими амфиболами. В низкотемпературных условиях по ортопироксену образуются тонкозернистые псевдоморфозы ориентированного талька с магнетитом. Типично также замещение ортопироксенов, особенно энстатита, серпентином. В отличие от петельчатых псевдоморфоз серпентина по оливину, серпентин по ортопироксену ориентирован, образуя так называемый *бастит* – пластинчатые псевдоморфозы антигорита.

### Клинопироксены

Отличаются от ортопироксенов косым угасанием (поэтому и называются «клинопироксены») и более высоким двупреломлением. Угол угасания определяется в разрезах с наивысшей интерференционной окраской.

Иногда встречается похожая на совершенную спайность «диаллаговая» отдельность. Угол между этой отдельностью и спайностью около  $54^\circ$ , напоминая сечение амфиболов.

Клинопироксены могут содержать вростки ромбического пироксена; при вторичных изменениях замещаются уралитом (волокнистым зеленым амфиболом), хлоритом, эпидотом, карбонатами.

*Диопсид - геденбергит* – бесцветный или слабозеленоватый, без плеохроизма.  $cN_g = 38 - 48^\circ$ , двупреломление 0.030 - 0.018.

*Авгит* – слегка буроватый, иногда слабо плеохроирует (имеет розовато-буроватую окраску по  $N_g$  - в отличие от гиперстена, у которого такая окраска по  $N_p$ ). Присутствие титана придает авгиту фиолетовый оттенок окраски.  $cN_g = 40 - 54^\circ$ , то есть при  $cN_g$  менее  $48^\circ$  авгит по углу угасания не отличается от пироксенов ряда диопсид-геденбергит.

Для авгита характерна дисперсия осей эллипсоида, проявляющаяся в неполном угасании (у пироксенов ряда диопсид-геденбергит дисперсия незначительна и они имеют четкое угасание).

В эффузивных породах вкрапленники авгита нередко имеют зональную окраску и обусловленное сильной дисперсией оптических осей зональное и секториальное угасание (фигура песочных часов). Двупреломление ниже 0.025.

Диопсид и авгит обладают близкими оптическими свойствами. Увеличение угла угасания в авгите, а также некоторая разница в двупреломлении (у диопсида оно несколько выше) далеко не всегда могут быть однозначно установлены из-за неточной ориентировки разрезов. Поэтому отличить авгит от диопсида под микроскопом удается далеко не всегда. Для точной диагностики пироксенов необходимо использовать микрозонд.

Эгирин-авгиту свойственен сильный плеохроизм,  $cN_g = 54 - 85^\circ$ ; наблюдаются все переходы от эгирин-авгита к эгирину.

*Эгирин* – характерны длиннопризматический облик и густая окраска с обратной схемой абсорбции – зеленая по  $N_p$  и более светлая зеленовато-желтая по  $N_g$ . Отрицательное удлинение,  $cN_p$  до  $8^\circ$ , двупреломление 0.037 - 0.059. При определении двупреломления следует иметь в виду, что интерференционная окраска эгирина затушевывается его густой собственной окраской.

Таким образом, для эгирина в шлифах характерны интенсивная зеленая окраска, очень высокий рельеф и шагреневая поверхность, высокая интерференционная окраска II и III порядка, близкое к прямому угасание и отрицательное удлинение. От сходных по окраске амфиболов эгирин отличается обратной схемой абсорбции, малым углом угасания, отрицательным удлинением, высокой интерференционной окраской и углом между трещинами спайности.

### **Оливин**

Оливин представляет собой непрерывный ряд изоморфных смесей от форстерита  $Mg_2(SiO_4)$  до фаялита  $Fe_2(SiO_4)$ . Ромбическая сингония.

В шлифах бесцветный. В интрузивных породах форма зерен неправильная, изометричная. В эффузивных породах порфиновые вкрапленники оливина могут иметь форму несколько вытянутых шестиугольников, иногда с отчетливой спайностью, в то время как в оливине из интрузивных пород спайность отсутствует или отмечается лишь в редких зернах.

Имеет самый высокий показатель преломления из всех мафических минералов ( $n_g = 1.669 - 1.975$ ,  $n_p = 1.636 - 1.827$ ), вследствие чего обладает резким положительным рельефом и четко выраженной шагреновой поверхностью.

Высокое двупреломление (форстерит 0.033, фаялит 0.052), вследствие чего имеет высокую интерференционную окраску. В зернах со спайностью угасание прямое.

Угол  $2V$  форстерита  $+85^\circ$ , фаялита  $-48^\circ$ . Смена оптического знака в ряду форстерит – фаялит соответствует  $Fo_{88}$ . У большинства природных оливинов магматических пород, которые содержат от 10 до 30 %  $Fe_2(SiO_4)$ , оптический знак нередко определить не удастся: изогира коноскопической фигуры в разрезе, перпендикулярном оптической оси, обычно прямая, то есть не имеет различимой кривизны, необходимой для определения оптического знака.

Свежим оливин бывает редко, даже в кайнотипных эффузивных породах он по трещинам и по периферии зерен окрашен в бурый цвет гидроксидами железа. При вторичных изменениях наиболее характерными продуктами замещения оливина является серпентин и иддингсит (биотитоподобная смесь смектита, хлорита, серпентина и гетита). Серпентин развивается преимущественно по магнезиальному оливину, иддингсит – по железистому. Иногда отмечается замещение тальком, карбонатом, хлоритом. Вокруг зерен оливина могут наблюдаться реакционные оболочки, сложенные пироксеном и амфиболом.

Оливин в шлифах нередко имеет значительное сходство с минералами из группы пироксенов. Оливин отличается от пироксенов следующими особенностями.

1. При выключенном анализаторе оливин магматических пород всегда бесцветен, а пироксены нередко имеют буроватый или зеленоватый оттенок; этот оттенок слабый и может отсутствовать, но если он замечен, определяемый минерал не может быть оливином.

2. Пироксены обладают совершенной спайностью; оливин же имеет несовершенную спайность и во многих случаях она в шлифах не обнаруживается.

3. Коноскопическая фигура оливина в разрезах, перпендикулярных оптической оси, характеризуется тем, что изогира приближается к прямой, так как для большинства оливинов угол  $2V$  близок к  $90^\circ$ . Моноклинные пироксены имеют угол  $2V$  около  $60^\circ$  и отчетливо изогнутую изогирю.

4. Наиболее обычные продукты изменения оливина – серпентин и иддингсит. Серпентин образуется и по ромбическим пироксенам, но в соответствии с формой первичных зерен псевдоморфозы серпентина по оливину имеют в шлифах изометричную форму, а по пироксену – прямоугольную. Вторичными минералами, замещающими моноклинные пироксены, являются актинолит и хлорит.



### *Акцессорные минералы*

Нерудные акцессорные минералы в шлифах выделяются своей преимущественно правильной формой зерен и высоким рельефом. Они обычно устойчивы и не подвержены вторичным изменениям.

*Апатит*  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)(\text{F}, \text{Cl})$ , гексагональная сингония. Образует столбчатые и таблитчатые кристаллы с прямоугольными и гексагональными сечениями. Бесцветный, без спайности, с высоким рельефом и ясной шагренево́й поверхностью ( $n_o = 1.633 - 1.667$ ,  $n_e = 1.630 - 1.664$ ). Наличие тория и урана в апатите обуславливает появление плеохроичных двориков вокруг его кристаллов, включенных в биотит или амфибол.

Низкая серая интерференционная окраска (двупреломление 0.003). Угасание прямое, удлинение отрицательное. Одноосный, отрицательный.

В небольших количествах встречается во всех магматических породах. Максимальные содержания апатита характерны для щелочных пород, в которых он может переходить в разряд главных породообразующих минералов.

В шлифах апатит имеет сходство с андалузитом и силлиманитом. Но эти минералы оптически двуосны, обладают совершенной спайностью и их кристаллы в поперечных сечениях имеют форму ромба или прямоугольника. Двупреломление этих минералов более высокое, чем у апатита (интерференционная окраска последнего не поднимается выше серой окраски I порядка).

*Циркон*  $\text{Zr}(\text{SiO}_4)$ , тетрагональная сингония. Образует короткостолбчатые или призматические кристаллы с дипирамидальными окончаниями и округлые зерна. В поперечных сечениях дает четырех- и восьмиугольники.

Бесцветный, с очень резкими черными ограничениями из-за очень высокого показателя преломления (1.924 – 2.015); в скрещенных николях имеет высокую интерференционную окраску (двупреломление 0.044 – 0.055). Угасание прямое, удлинение положительное. Одноосный, положительный.

Часто образует включения в биотите, амфиболе и других минералах. Эти включения обычно окружены интенсивно окрашенными и резко плеохроирующими ореолами, образование которых связано с радиационным воздействием циркона.

В очень мелких зернах циркон в шлифах практически неотличим от монацита и ксенотима.

Циркон – один из наиболее распространенных акцессорных минералов, встречается практически во всех типах горных пород. Наиболее высокие содержания циркона – в щелочных породах.

*Титанит*  $\text{CaTi}(\text{SiO}_4)$ , моноклинная сингония. Характерна клиновидная форма кристаллов. Бесцветный, серый, часто буроватый. Очень резкие ограничения, очень высокий рельеф ( $n_o = 1.98 - 2.05$ ,  $n_e = 1.89 - 1.91$ ).

Цвета интерференции блеклые («перламутровые») высших порядков. Двупреломление титанита 0.09 – 0.14, что значительно выше, чем у циркона.

Поэтому, в отличие от циркона, окраска титанита при включенном анализаторе остается практически такой же (буроватой), как без анализатора. Нередко наблюдается неполное угасание, обусловленное сильной дисперсией. Иногда отмечаются простые или полисинтетические двойники.

Титанит встречается в широком диапазоне магматических пород и во многих метаморфических породах. В габброидах, долеритах, базальтах титанит нередко образует ксеноморфные оторочки вокруг зерен титаномагнетита и ильменита. В диоритах, сиенитах и гранитоидах он дает индивидуализированные кристаллы и ксеноморфные зерна, включенные в роговую обманку и биотит или располагающиеся между другими породообразующими минералами. В гранитоидах повышенной основности и в щелочных породах содержание титанита иногда превышает 1 – 2 %.

*Шпинель*  $MgAlO_2$ , кубическая сингония. Образует октаэдрические кристаллы, дающие в шлифах квадратные, четырехугольные и треугольные срезы. Встречается и неправильная форма зерен, нередки графические сростания с пироксеном. Спайность отсутствует, но весьма обычна отдельность.

Зеленая, бурая. Изотропна, с высоким рельефом и резкой шагренево́й поверхностью (показатель преломления 1.763 - 2.05).

Бурую шпинель можно спутать с титанистым гранатом, но в отличие от него шпинели свойственна октаэдрическая форма кристаллов и характерная отдельность. Следует также иметь в виду, что шпинель встречается в основных и ультраосновных породах. От хромита шпинель отличается меньшим показателем преломления.

Непрозрачные *рудные* минералы под микроскопом в проходящем свете выглядят черными; их точная диагностика производится в отраженном свете на специальном рудном микроскопе в полировках. В прозрачных петрографических шлифах окраска рудных минералов может быть определена, если направить свет не на зеркало микроскопа, а на поверхность шлифа сверху. В этом случае магнетит обнаруживает свойственную ему в отраженном свете стально-серую, пирит – желтую, хромит – буроватую окраску, и т. п.

***Вулканическое стекло*** – не минерал, а аморфное вещество, представляющее собой застывший магматический расплав, не успевший раскристаллизоваться вследствие быстрого остывания. Обычно входит в состав основной массы эффузивных пород, а в ряде случаев слагает ее полностью.

В шлифе вулканическое стекло бесцветно или окрашено в желтые или бурые тона. Интенсивность окраски зависит от содержания и степени окисления железа. Показатель преломления изменяется от 1.492 (стекло риолитового состава) до 1.575 (стекло базальтового состава). Изотропно, хотя иногда обладает слабым двупреломлением вследствие внутренних напряжений.

При вторичных изменениях вулканическое стекло среднего и основного состава чаще всего замещается хлоритом, а кислое стекло подвергается раскристаллизации, превращаясь в смесь субмикроскопических зерен кварца и полевых шпатов.

## 2.2. Минералы метаморфических пород

### *Гранаты*

Общая химическая формула гранатов  $R^{2+}_3 R^{3+}_2 (SiO_4)_3$ :

(пиральспиты)		(уграндиты)	
пироп	$Mg_3 Al_2 (SiO_4)_3$	уваровит	$Ca_3 Cr_2 (SiO_4)_3$
альмандин	$Fe_3 Al_2 (SiO_4)_3$	гроссуляр	$Ca_3 Al_2 (SiO_4)_3$
спессартин	$Mn_3 Al_2 (SiO_4)_3$	андрадит	$Ca_3 Fe_2 (SiO_4)_3$

Гранаты пироп-альмандинового ряда широко распространены в метаморфических породах. Доля пиропового компонента в гранатах увеличивается с ростом температуры и давления. В наиболее низкотемпературных условиях образуются гранаты, обогащенные спессартином. Пиральспиты с высокой долей альмандина и спессартина кристаллизуются также из кислых магматических расплавов, пересыщенных глиноземом, встречаются в гранитных пегматитах.

Смесимость между собой пиральспитов и уграндитов ограничена. В твердых растворах одного ряда может быть растворено не более 20 - 25 мольных процентов компонентов другого ряда. В высокобарных условиях растворимость гранатов этих двух рядов между собой становится более значительной.

Точное определение состава гранатов производится с помощью микронзонда. Под микроскопом в ряде случаев возможна, с привлечением особенностей парагенезисов, приближенная оценка состава гранатов.

Гранаты в шлифе образуют изометричные зерна - идиоморфные или неправильной формы, часто ситовидные, с многочисленными включениями других минералов. Бесцветны или слабо окрашены в желтоватый или розоватый цвет. Характерны высокие показатели преломления, которыми обусловлены резко выраженный рельеф и шагреневая поверхность.

Обычно изотропны, но спессартин и некоторые уграндиты обнаруживают слабое (до 0.003) аномальное двупреломление, особенно в толстых шлифах. Такое двупреломление (с появлением серых интерференционных окрасок) особенно характерно для гранатов из скарнов. В некоторых уграндитах наблюдается зональное угасание и секториальные двойники.

Пироп может замещаться хлоритом, альмандин – хлоритом и эпидотом. Уграндиты замещаются эпидотом, хлоритом, кальцитом, плагиоклазом.

### **Андалузит**

$AlAl(SiO_4)O$ , ромбическая сингония.

Андалузит, кианит и силлиманит – полиморфные модификации  $Al_2SiO_5$ , устойчивые при разных температурах и давлениях. Входят в состав метаморфических пород, богатых глиноземом; силлиманит и андалузит встречаются также в высокоглиноземистых кислых магматических породах. Андалузит устойчив при относительно низких давлениях – встречается в контактовых ореолах малоглубинных интрузивов и в продуктах регионального метаморфизма умеренного давления. Кианит образуется при высоком давлении, силлиманит – при высокой температуре.

Андалузит образует короткостолбчатые кристаллы с хорошо развитыми гранями ромбической призмы. В поперечном сечении – ромб, близкий к

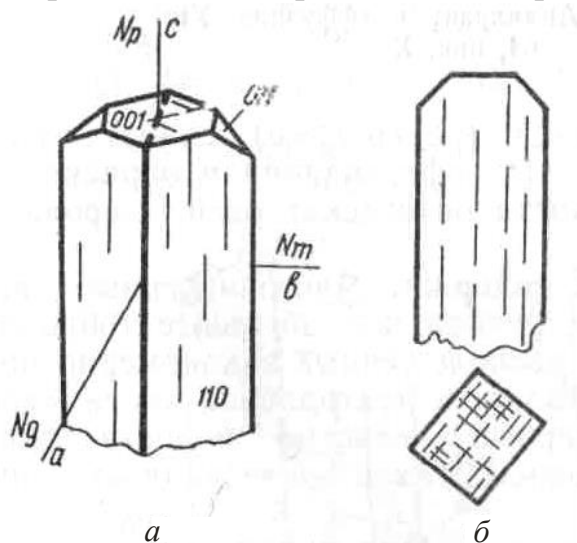


Рис. 25. Андалузит:  
а – кристалл;  
б – спайность  
в продольном и  
поперечном сечениях

квадрату, с трещинами спайности под углом  $89^\circ$  (рис. 25). Нередко встречается также в виде зерен неправильной формы с извилистыми границами.

Бесцветен или слабо и неравномерно окрашен в розоватый или зеленоватый цвет (плеохроирует от бледно-розового по  $N_p$  до бледно-зеленого или почти бесцветного по  $N_g$ ). Обладает ясным рельефом и шагреновой поверхностью ( $n_g = 1.638 - 1.651$ ,  $n_p = 1.629 - 1.640$ ).

Двупреломление  $0.009 - 0.011$ . В продольных разрезах имеет прямое угасание и отрицательное удлинение. Оптически отрицательный, угол  $2V$  около  $85^\circ$ .

Отличается от похожих на него пироксенов и кианита более слабым рельефом, прямым угасанием и отрицательным удлинением, от силлиманита – низким двупреломлением и отрицательным удлинением. При вторичных изменениях замещается мусковитом.

### **Кианит**

$Al_2(SiO_4)O$ , триклинная сингония.

Бесцветный или слабо-голубоватый. Образует идиоморфные призматические или таблитчатые зерна. Часты простые и полисинтетические двойники. Спайность по двум направлениям под углом, близким к  $90^\circ$ .

Очень высокий рельеф и резкая шагреневая поверхность ( $n_g = 1.728 - 1.729$ ,  $n_p = 1.712 - 1.717$ ).

Двупреломление 0.012 - 0.016. Характер угасания и знак удлинения в разных разрезах разный. В сечениях с более совершенной спайностью угасание почти прямое ( $0 - 3^\circ$ ), а в сечениях, где спайность выражена хуже, угол угасания  $27 - 32^\circ$ .

От андалузита отличается более высокими показателями преломления, положительным удлинением, наличием двойников, от силлиманита – меньшим двупреломлением, наличием двойников и двумя системами спайности.

По кианиту развиваются белые слюды, пирофиллит, каолинит. Вместе с кианитом встречаются гранат, ставролит, мусковит, биотит, кордиерит.

### **Силлиманит**

$Al(AlSiO_5)$ , ромбическая сингония.

Обычно встречается в виде удлинённых призм без концевых граней, дающих в поперечном сечении прямоугольники, почти квадраты и ромбы, а также в форме иголочек, палочек, лучистых и волокнистых агрегатов (фибролит), неправильных зерен (рис. 26).

Бесцветен. Фибролит вследствие дисперсии света кажется окрашенным в буроватый цвет. Совершенная спайность по одному направлению. Характерны высокие показатели преломления ( $n_g = 1.677 - 1.682$ ,  $n_p = 1.657 - 1.660$ ), в связи с чем обладает высоким рельефом и ясной шагреневой поверхностью.

Двупреломление 0.020 - 0.022. Прямое угасание, положительное удлинение. Малый угол  $2V$  ( $21 - 30^\circ$ ).

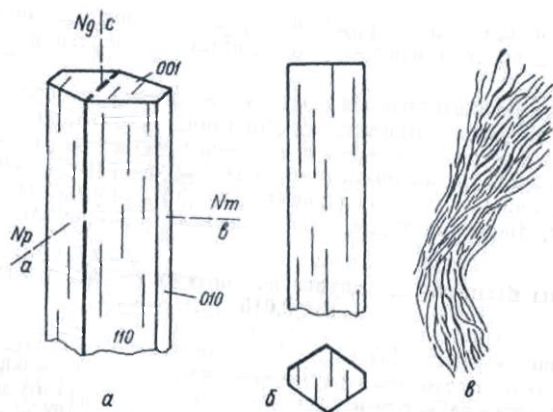


Рис. 26. Силлиманит:  
а – форма кристаллов;  
б – спайность в продольном и поперечном разрезах;  
в – волокнистый силлиманит (фибролит)

Силлиманит может быть сходен в шлифах с андалузитом, кианитом, цоизитом, апатитом, ромбическим пироксеном.

Андалузит и апатит имеют отрицательное удлинение и отрицательный оптический знак. Кианит и цоизит обладают более высоким рельефом; кроме того, кианит дает сечения с косым угасанием, обладает большим углом  $2V$  и оптически отрицателен, а цоизит отличается характерными индигово-синими интерференционными окрасками и переменным знаком удлинения. Ромбические пироксены отличаются характером спайности (по двум направлениям под углом  $87^\circ$ ) и меньшим двупреломлением.

Силлиманит – высокотемпературный метаморфический минерал метапелитов. Он встречается вместе с биотитом, калиевым полевым шпатом, гранатом, кордиеритом, гиперстеном, шпинелью, корундом. При вторичных изменениях по силлиманиту развиваются белые слюды, пирофиллит, каолинит.

### **Ставролит**

$(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Zn})_2\text{Al}_9(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ . Ромбическая сингония.

Образует короткопризматические кристаллы или неправильные удлиненные порфиروبласты ситовидного строения. Нередки крестообразные двойники со срастанием призматических индивидов почти под прямым углом или под углом  $60^\circ$ .

Спайность несовершенная. Плеохроирует от оранжево- или золотисто-желтого по  $N_g$  до бледно-желтого, почти бесцветного, по  $N_p$ . Отчетливые рельеф и шагреньевая поверхность ( $n_g = 1.746 - 1.762$ ,  $n_p = 1.736 - 1.747$ ).

Двупреломление  $0.009 - 0.016$ . Прямое угасание, положительное удлинение.

Высокие показатели преломления и среднее двупреломление, характерная желтая окраска, плеохроизм и высокий положительный  $2V$  ( $82 - 90^\circ$ ) позволяют в совокупности надежно определять ставролит в шлифах.

Ставролит – типичный минерал среднетемпературных фаций метапелитов, встречается с алмандином, мусковитом, биотитом и др. Может замещаться мусковитом, серицитом, хлоритом.

### **Кордиерит**

$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3(\text{AlSi}_5\text{O}_{18}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , ромбическая сингония.

Образует зерна неправильной формы, бесцветные или голубоватые, с низким положительным рельефом ( $n_g = 1.543 - 1.575$ ,  $n_p = 1.534 - 1.558$ ) и низким двупреломлением ( $0.009 - 0.017$ ). Спайность несовершенная. Характерны двойники – полисинтетические или секториальные (тройники и шестерники).

В кордиеритах умеренной или высокой железистости вокруг включений циркона и других аксессуарных минералов наблюдаются «плеохроичные дворники» - ореолы плеохроизма от бесцветного до ярко-желтого. В магнезиальных кордиеритах таких плеохроичных дворников не отмечается.

Кордиерит можно спутать с кварцем или плагиоклазом, имеющими близкий рельеф и двупреломление.

От кварца кордиерит отличается наличием двойников, плеохроичных ореолов, двуосностью. Кроме того, кварц часто имеет характерное волнистое угасание и чуть более высокое двупреломление. От плагиоклаза кордиерит отличается плеохроичными ореолами, менее совершенной спайностью, полисинтетические двойники в нем часто не доходят до краев зерен. От альбита, сходного с кордиеритом по показателю преломления и двупреломлению, последний отличается также отрицательным оптическим знаком.

Кордиерит может замещаться пинитом – бесцветной, зеленовато-голубоватой, желтой войлокообразной смесью мусковита, хлорита, серпентина и оксидов железа. Даже небольшие следы проявленной пинитизации могут быть использованы для отличия кордиерита от других минералов.

Встречается в метаморфических породах, богатых алюминием, и в высокоглиноземистых магматических породах кислого состава. Характерен для высоких ступеней регионального и контактового метаморфизма, нередко встречается вместе с гранатом, калиевым полевым шпатом, гиперстеном, силлиманитом.

### ***Группа эпидота***

Изоморфный ряд клиноцоизит  $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)(\text{SiO}_2)\text{O}(\text{OH})$  – эпидот  $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$ , моноклинная сингония. Цоизит – ромбическая сингония.

Минералы группы эпидота образуют в шлифах удлиненные или неправильные зерна с высоким рельефом и шагреновой поверхностью. Эпидот в шлифе слабо окрашен в зеленовато-желтый цвет (со слабым плеохроизмом) или бесцветен, клиноцоизит и цоизит бесцветны.

Спайность по двум направлениям под углом  $65^\circ$  (в одном направлении совершенная, в другом – несовершенная, в виде коротких трещин). Угол угасания  $0 - 30^\circ$  (в зависимости от спайности, по отношению к которой измеряется угол угасания). По длине кристаллов клиноцоизита и эпидота располагается  $N_m$ , поэтому разрезы могут иметь как положительное, так и отрицательное удлинение.

Минералам группы эпидота свойственна аномальная интерференционная окраска – у цоизита тусклая серо-синяя, желтовато-бурая, у клиноцоизита – густые желтые и оранжево-желтые цвета, у эпидота – яркие красные, малиново-красные и зеленые цвета.

Клиноцоизит также отличается от цоизита косым угасанием в большей части разрезов и углом  $2V$  ( $65 - 90^\circ$ ). От эпидота цоизит и клиноцоизит отличаются меньшим двупреломлением ( $0.005 - 0.008$ ). Клиноцоизит оптически положительный, эпидот – отрицательный.

От клинопироксена эпидот отличается малым углом угасания (в удлиненных разрезах угасание может быть прямым), хуже проявленной спайностью, плеохроизмом, цветами интерференции, отрицательным оптическим знаком.

Цоизит – типичный минерал прогрессивного и регрессивного метаморфизма фаций зеленых сланцев, глаукофановых сланцев и эпидот-амфиболитовой фации. Входит в состав сосюрита (агрегат серицита, цоизита и кварца), образующего псевдоморфозы по основным и средним плагиоклазам при изменении магматических пород.

Клиноцоизит и эпидот – типичные минералы метаморфических пород фаций зеленых сланцев, глаукофановых сланцев и эпидотовых амфиболитов, их парагенезисы почти не отличаются от парагенезисов цоизита.

### ***Хлориты***

Хлориты – большая и сложная по составу группа минералов, главными представителями которых являются клинохлор  $Mg_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$  и шамозит  $Fe_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$ . Моноклинная сингония. Разнообразный изоморфизм приводит к изменчивости свойств хлоритов.

Характерными признаками хлоритов в шлифах является пластинчатая форма кристаллов, весьма совершенная спайность, зеленые оттенки окраски, слабый плеохроизм (от синевато-зеленого или бесцветного до желто-зеленого), низкое двупреломление, прямое угасание (иногда с отклонением в несколько градусов), нередко аномальная интерференционная окраска (грязная желто-зелено-серая, синяя, фиолетовая, реже бурая).

Могут иметь как положительное, так и отрицательное удлинение. В чешуйках хлорита могут наблюдаться плеохроичные дворики, сходные с двориками в биотите; в центре таких плеохроичных двориков часто находятся включения циркона.

От серпентина минералы группы хлорита можно отличить по часто наблюдаемому отчетливому плеохроизму, аномальным сиреневым и бурым цветам интерференции, а также по присутствию плеохроичных двориков, не характерных для серпентина. От похожего по окраске биотита хлорит в разрезах со спайностью отличается низкой интерференционной окраской и более слабым плеохроизмом.

Трудность для диагностики могут представлять бесцветные оптически изотропные или почти изотропные хлориты. Они отличаются от других изотропных минералов низким рельефом и слюдоподобной спайностью.

В магматических породах минералы группы хлорита являются вторичными. Они развиваются по главным породообразующим минералам (преимущественно мафическим). Часто хлорит замещает биотит, причем при этом в хлорите нередко образуются тончайшие иголки рутила, пересекающиеся под углом  $60^\circ$  и слагающие так называемую сагенитовую решетку (см. рис. 23). Хлоритом могут замещаться также пироксены, амфиболы, оливин, гранат, иногда полевые шпаты.

### ***Серпентин***

$Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$ , моноклинная сингония.

Бесцветный или зеленоватый, буроватый, желтоватый. У окрашенных разностей плеохроизм от зеленовато-желтого по  $N_g$  до бесцветного по  $N_p$ . Спайность весьма совершенная по одному направлению. Показатели преломления близки к канадскому бальзаму, в связи с чем рельеф и шагреньевая поверхность отсутствуют.



Серая, белая, иногда бледно - желтая интерференционная окраска  $I$  порядка (двупреломление 0.006 – 0.013). Угасание прямое, удлинение положительное.

От хлорита серпентин отличается по цвету и отсутствию аномальных интерференционных окрасок. Сходные с серпентином бесцветные или слабоокрашенные разности хлоритов лучше окристаллизованы, обладают слюдоподобной спайностью, менее смяты и имеют более высокий положительный рельеф.

Серпентин – типичный вторичный минерал, развивающийся в ультраосновных и основных породах по магнезиальному оливину, пироксенам, реже амфиболам.

### **Тальк**

$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$ , моноклинная сингония.

Образует чешуйчатые агрегаты. В шлифе бесцветный, буроватый и зеленовато-буроватый. Спайность весьма совершенная по одному направлению.  $N_g - N_p = 0.050 - 0.045$ . Угасание прямое, удлинение положительное. Оптически отрицательный, угол  $2V = 0 - 30^\circ$ .

Под микроскопом сходен с мусковитом. Отличается показателями преломления ( $n_g = 1.589 - 1.590$ ,  $n_p = 1.539 - 1.545$ ), углом  $2V$ , минеральными ассоциациями. Кроме того, тальк отличается от мусковита своей пластичностью, плавной изогнутостью чешуек, что у мусковита наблюдается редко.

В основных и ультраосновных магматических породах тальк развивается по магнезиальным минералам – оливину, ортопироксенам, серпентину и др. Характерны ориентированные псевдоморфозы талька по магнезиальным ортопироксенам.

### **Турмалин**

$NaFe_3Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_4$ . Тригональная сингония.

Призматический. Спайность отсутствует. Рельеф и шагреневая поверхность хорошо заметны ( $n_o = 1.639 - 1.692$ ,  $n_e = 1.620 - 1.657$ ). Двупреломление 0.017 - 0.030, обычно около 0.020.

В шлифе часто окрашен в бурый цвет, хотя может иметь и другую окраску. Плеохроизм резкий, с изменением интенсивности окраски. В отличие от биотита, турмалин принимает наиболее темную окраску, когда длинная сторона кристалла перпендикулярна к направлению колебаний света в поляризаторе (у биотита наиболее темная окраска - когда длинная сторона кристалла параллельна направлению колебаний света в поляризаторе).

Угасание прямое, удлинение отрицательное.

### ***Рутил***

TiO<sub>2</sub>, тетрагональная сингония.

Обычно встречается в виде мелких зерен. Кристаллы рутила призматические, столбчатые, игольчатые, но в кристаллических сланцах нередко встречается и в виде изометричных зерен.

Густо окрашен в буро-красный или желто-бурый цвет, часто почти непрозрачен. Очень высокий рельеф ( $n_e = 2.895 - 2.903$ ,  $n_o = 2.609 - 2.616$ ). Очень высокое двупреломление (0.286 – 0.287), в силу чего интерференционную окраску определить невозможно. Яркие цвета интерференции видны даже в тончайших иголочках, что позволяет по этому свойству отличить рутил от других тонкоигольчатых минералов.

Прямое угасание. Из-за интенсивной собственной окраски рутил обычно одного и того же цвета как при включенном, так и при выключенном анализаторе.

Сагенитовая решетка - включения тонкоигольчатого рутила в хлорите или в слюдах, имеющие вид сетки с треугольными ячейками (см. рис. 23).

Титанит, в отличие от рутила, имеет меньшие показатели преломления и двупреломление, и двуосен. Циркон более светло окрашен и имеет более низкие показатели преломления и двупреломление.

Рутил – широко распространенный аксессуарный минерал. Он встречается в различных магматических породах - от ультрамафитов до гранитов, в метаморфических породах разных фаций. Рутил иногда развивается по ильмениту, но и сам может замещаться ильменитом или титанитом.

### ***Карбонаты***

Кальцит CaCO<sub>3</sub>, доломит CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, магнезит MgCO<sub>3</sub>, сидерит FeCO<sub>3</sub>. Тригональная сингония.

Карбонаты в шлифах преимущественно бесцветны. Спайность по трем направлениям под косым углом. В крупных зернах встречаются полисинтетические двойники. В сечениях, где четко видны два направления спайности, у кальцита двойниковые полосы располагаются ближе к длинной диагонали ромба спайности, а у доломита – ближе к короткой диагонали ромба спайности. Магнезит обычно не подвержен двойникованию.

Характерна четко выраженная псевдоабсорбция. У кальцита псевдоабсорбция проявляется более отчетливо, чем, например, у сидерита, так как у кальцита показатель преломления  $n_g$  выше, а  $n_p$  ниже, чем у канадского бальзама, а у сидерита оба показателя преломления выше, чем у канадского бальзама.

Очень высокое двупреломление (более 0.170), которому отвечает очень высокая пестро-белая («перламутровая») интерференционная окраска, по которой, вместе с псевдоабсорбцией, карбонаты могут быть отличимы от других пороодообразующих минералов.

Одноосные, отрицательные.

### **Флюорит**

$\text{CaF}_2$ , кубическая сингония. Встречается преимущественно в виде неправильных зерен, выполняющих промежутки между другими минералами, реже в виде идиоморфных кристаллов.

Бесцветный, со спайностью по октаэдру, в связи с чем в некоторых разрезах можно наблюдать две или три системы пересекающихся трещин спайности. Показатель преломления много ниже канадского бальзама (1.434), вследствие чего минерал имеет отрицательный рельеф и резкую шагреневую поверхность. Изотропный.

Флюорит может быть спутан в шлифах с другими изотропными минералами со средним рельефом и шагреневой поверхностью. На него похожа слабо окрашенная (бесцветная, зеленая или фиолетовая) шпинель, имеющая к тому же отдельность по октаэдру, сходную со спайностью флюорита. Но у шпинели положительный рельеф. Гранаты не имеют спайности и также имеют положительный рельеф.

Флюорит нередко встречается в нефелиновых сиенитах, гранитоидах, пегматитах, грейзенах.

## **2.3. Контрольные вопросы**

1. Как отличить в шлифе кварц и нефелин, кварц и кордиерит?
2. Назовите разновидности калиевых полевых шпатов и охарактеризуйте их диагностические признаки в шлифах.
3. Как отличить между собой пертиты и антипертиты?
4. Что общего и каковы различия в оптических свойствах плагиоклазов и калиевых полевых шпатов?
5. Перечислите признаки, по которым в шлифах выбирают зерна плагиоклаза для определения их состава методом максимального симметричного угасания.
6. Чем замещаются кислые и основные плагиоклазы при вторичных изменениях?
7. Назовите признаки отличия в шлифе биотита от хлорита, турмалина, амфиболов.
8. Что такое опацизация и у каких минералов она может быть проявлена?
9. Перечислите характерные признаки тремолита, актинолита, щелочных амфиболов.
10. Как отличить в шлифе пироксен от оливина?
11. Как в шлифе различаются ромбические и моноклинные пироксены?
12. Перечислите сходства и различия минералов из группы пироксенов и амфиболов.
13. Чем эгирин отличается в шлифе от амфиболов?
14. Назовите оптически изотропные минералы и их отличия между собой в шлифе.
15. Как отличить в шлифе титанит и рутил, титанит и циркон?

16. Назовите характерные диагностические признаки кианита, андалузита, силлиманита.
17. Как определить в шлифе ставролит и кордиерит?
18. Охарактеризуйте особенности диагностики в шлифе минералов группы эпидота.
19. Как хлорит отличается в шлифе от серпентина и талька?
20. Назовите оптические свойства, характерные для минералов группы карбонатов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Белоусова О. Н., Михина В. В. Общий курс петрографии. М., Недра, 1972. 344 с.
- Кравцова Л. И., Чукашева М. Н. Кристаллооптика. Методическое пособие к лабораторным работам по курсу петрографии. Изд. СГИ, 1961. 58 с.
- Маракушев А. А., Бобров А. В., Перцев Н. Н., Феногенов А. Н. Петрология. I. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы. М.: Научный мир, 2000. 316 с.
- Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород. М.: Логос, 2001. 768 с.
- Сиротин К. М. Практическая петрография. Изд. Саратов. ун-та. 1988. 312 с.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| Авгит, 46, 48              | Биотит, 42                   |
| Актинолит, 45              | Битовнит, 38                 |
| Альбит, 38                 | Вулканическое стекло, 51     |
| Амфиболы, 44               | Гиперстен, 47                |
| Андалузит, 53              | Глаукофан, 45                |
| Андезин, 38                | Гранаты, 52                  |
| Аномальная анизотропия, 17 | Двупреломление, 17, 4, 21    |
| Анортит, 38                | Диопсид-геденбергит, 48      |
| Антигорит, 58              | Дисперсионный эффект, 14     |
| Антипертиты, 37            | Дисперсия двупреломления, 19 |
| Апатит, 50                 | Доломит, 60                  |
| Арфведсонит, 45            |                              |
| Бастит, 47, 58             | Знак удлинения, 25           |

Интерференционная окраска, 17  
 Калиевые полевые шпаты, 35  
 Кальцит, 60  
 Канадский бальзам, 8  
 Канкринит, 35  
 Карбонаты, 59  
 Кварц, 34  
 Кварцевый клин, 24  
 Кианит, 53  
 Клинопироксены, 47  
 Клинохлор, 57  
 Клиноцоизит, 56  
 Компенсатор, 23  
 Кордиерит, 55  
 Круговое сечение, 5  
  
 Лабрадор, 38  
 Лизардит, 58  
  
 Магнезит, 60  
 Микроклин, 36  
 Микропегматит, 37  
 Мирмекит, 39  
 Мусковит, 43  
  
 Нефелин, 34  
  
 Объект-микрометр, 11  
 Ограничения, 14  
 Оливин, 48  
 Олигоклаз, 38  
 Омфацит, 46  
 Оптически двуосный, 4  
 Оптически одноосный, 4  
 Оптически отрицательный, 5  
 Оптически положительный, 5  
 Оптическая ось, 4  
 Ортоклаз, 36  
 Ортопироксены, 47  
 Острая биссектриса, 5  
  
 Пертиты, 37  
 Пироксены, 46  
 Плаггиоклазы, 38  
 Плеохроизм, 26  
 Плоскость оптических осей, 5  
 Полоска Бекке, 14  
 Пренит, 39  
  
 Псевдоабсорбция, 16  
  
 Разность хода, 17  
 Рельеф, 13  
 Рибекит, 45  
 Роговая обманка, 44  
 Рутил, 59  
  
 Сагениит, 43, 59  
 Санидин, 36  
 Серицит, 39, 43  
 Серпентин, 58  
 Сидерит, 60  
 Силлиманит, 53  
 Симметричное угасание, 41  
  
 Скращенность николей, 9  
 Соссюрит, 39  
 Ставролит, 55  
 Схема абсорбции, 26  
  
 Тальк, 58  
 Титанит, 50  
 Тремолит, 45  
 Тупая биссектриса, 5  
 Турмалин, 59  
  
 Угол оптических осей (2V), 5, 30  
 Угол угасания, 22  
  
 Фаялит, 48  
 Флюорит, 60  
 Форстерит, 48  
  
 Хлорит, 57  
 Хризотил, 58  
  
 Центрировка, 10  
 Цеолит, 35  
 Циркон, 50  
 Цоизит, 56  
  
 Шагреневая поверхность, 14  
 Шпинель, 51  
  
 Щелочные амфиболы, 45  
  
 Эгирин, 48  
 Эгирин-авгит, 48  
 Энстатит, 47

Эпидот, 56

Учебное издание

Олег Анатольевич Суставов

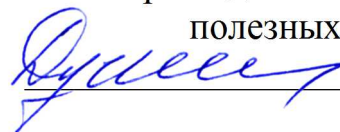
ПЕТРОГРАФИЯ  
МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ  
ПОРОД, ПЕТРОЛОГИЯ

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.02 Основы учения о полезных ископаемых**

Для обучающихся специальности  
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация  
*Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых*

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н.,  
Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ  
*наименование кафедры*  
Протокол № 1 от 23.09.2021 г  
*Дата*

Екатеринбург

Самостоятельная работа студентов в рамках учебного процесса играет важную роль в изучении дисциплины «Основы учения о полезных ископаемых», поскольку основными объектами труда горных инженеров-геологов – поисков, разведки являются месторождения полезных ископаемых. Поэтому в процессе обучения у студентов формируются представления о месторождения полезных ископаемых как геологических объектах, возникающих в процессах формирования и развития земной коры. Главные задачи профессиональной деятельности – разработка научно обоснованных направлений поисковых работ и выбор рациональной методики разведки месторождений полезных ископаемых могут быть успешно решены при условии овладения студентом современных представлений о геологических и физико-химических условиях их формирования. В процессе самостоятельной работы студент получает представление об особенностях строения каждого типа месторождений как модели месторождений, с которым он будет сталкиваться в процессе своей будущей практической деятельности, и сравнивать с ними конкретные объекты. Для этого в рамках самостоятельной работы в первую очередь следует обратить внимание на изучение имеющегося на кафедре каменного материала, характеризующего большую часть типов промышленных месторождений.

Основное содержание дисциплины и объемы самостоятельной работы по разделам дисциплины приведены в таблице

№№ тем	Содержание	Часы по СРС
1	Форма и условия залегания рудных тел	10
2	Структуры и текстуры руд	10
3	Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых	33
4	Подготовка к экзамену	27

*Методические указания по организации самостоятельного изучения дисциплины*

### **1. Освоение лекционного курса**

Лекции по дисциплине «Основы учения о полезных ископаемых» дают главный материал, как по теории, так и по практике исследований генезиса и геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых. Современные проблемы, рассматриваемые в данной дисциплине, обусловлены как появлением новых теоретических представлений о геологии месторождений, так и их новых промышленных типов. Это требует после



прослушивания лекций обращаться к рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучения дополнительного материала по теме для последующего выполнения лабораторных заданий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

## **2. Подготовка, выполнение и оформление лабораторных занятий**

Лабораторные занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о вещественном составе минерального сырья по методическим указаниям, имеющимся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение новых разрабатываемых месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации МПИ.

Особое внимание при изучении генетических типов месторождений следует обратить на работу с научной литературой по данной проблематике.

Чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнения в решении практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных разделов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

В рамках программы изучения дисциплины «Основы учения о полезных ископаемых» предусматривается следующая тематика лабораторных работ.

### **Тема 1. Форма и условия залегания рудных тел.**

Цель лабораторных работ – ознакомиться с принципами определения формы рудных тел, изучить геологические разрезы, определить формы рудных тел на реальных геологических разрезах и найти их место в квалификационной таблице; по геологической обстановке на разрезе определить главные факторы, обусловившие форму и место локализации полезного ископаемого.

Места локализации рудных тел и, соответственно, их форма определяется рядом геологических факторов, в частности, условиям образования (эндогенными, экзогенными, или метаморфогенными). Как следствие, при изучении геологических разрезов месторождений, после определения формы рудного тела следует внимательно ознакомиться с геологической обстановкой и попытаться определить, какой из геологических факторов является определяющим: сингенетичность или эпигенетичность руд: отложения или замещения и др.

При выполнении работы следует иметь в виду, что форма природных геологических тел в большинстве случаев далека от идеальной, и при определении названия подбирается наиболее близкий эталон – идеальное геологическое тело.

### **Тема 2. Структуры и текстуры руд**

Цель занятий – ознакомиться с основными структурами и текстурами руд, описать особенности минералогического состава и текстур руд различного генезиса. При изучении образцов необходимо, прежде всего, определить рудные минералы, текстуры, определить тип месторождения по типоморфным текстурам. Для этого используются таблицы «Типы текстур руд» по С.А. Вахромееву (1979).

### **Тема 3. Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых**

Цель лабораторных работ – изучение теоретического и имеющегося в учебных коллекциях каменного материала, изучить парагенетические ассоциации минералов руд, описать имеющиеся в коллекциях образцы руд и определить их место согласно генетической классификации месторождений полезных ископаемых (по В.Ф. Рудницкому, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 46).

Последовательность изучения генетических типов МПИ рекомендуется следующим образом:

- 1). Повторение теоретического материала по лекции, учебным пособиям, консультации с преподавателем, просмотр дополнительной литературы из рекомендованного списка.

2). Самостоятельная работа по дополнительному изучению образцов руд из учебных коллекций кафедры.

3). Изучение примеров месторождений данного класса по литературным данным.

4). Проверка усвоения материала по «Вопросам и заданиям для самопроверки» (В.Ф. Рудницкий, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 233-245).

### **3. Рекомендации по работе с литературой**

Изучение учебной и научной литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить, используя следующие рекомендации:

1. Составить перечень книг, с которыми следует ознакомиться, ориентируясь на источники, содержащие необходимый материал.

2. Систематизировать перечень источников (для экзамена, для написания исследовательских работ).

3. Зафиксировать выходные данные по каждой книге.

4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книги) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. При этом целесообразно проконсультироваться с преподавателем.

5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).

6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте – это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.

7. Рекомендуется широко использовать интернет-источники и базы геологической литературы.

### **4. Подготовка к экзамену**

На экзамене будут оценены полученные в процессе обучения знания (примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже).

1). Понятие о полезных ископаемых и их месторождениях

2). Вещественный состав руд. Вредные и полезные компоненты. Комплексное использование руд.

3). Минеральный состав руд. Массивные и вкрапленные руды.

4). Рудоконтролирующие структуры.

5). Морфологическая классификация рудных тел. Формы рудных тел.

- 6). Понятия текстуры и структуры руд. Классификация текстур.
- 7). Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород.
- 8). Источники рудного вещества эндогенных месторождений.
- 9). Источники рудного вещества экзогенных месторождений.
100. Причины и способы рудоотложения.
- 11). Раннемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.
- 12). Позднемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.
13. Ликвационные месторождения – условия образования и примеры месторождений.
- 14). Пегматиты: условия формирования месторождений, их типы и примеры.
- 15). Карбонатиты. Условия формирования, примеры месторождений.
- 16). Грейзены: факторы их образования, примеры месторождений.
- 17). Скарновые месторождения: условия формирования и примеры.
- 18). Порфировые месторождения: условия формирования и примеры.
- 19).Субвулканические (гидротермально-метасоматические) вулканогенные месторождения
- 20).Гидротермально-осадочные вулканогенные месторождения, условия их формирования и примеры.
- 21). Гидротермальные амагматогенные месторождения, условия формирования и примеры.
- 22). Месторождения выветривания и факторы их формирования.
- 23). Инфильтрационные месторождения.
- 24). Остаточные месторождения.
- 25). Механические месторождения полезных ископаемых и условия их формирования. Россыпные месторождения и их примеры.
- 26). Химические месторождения и условия их формирования.
- 27). Биохимические месторождения и условия их формирования.
- 28). Метаморфогенные месторождения.

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по данной дисциплине.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ**

### а) основная

Рудницкий В. Ф. Основы учения о полезных ископаемых. Учебное пособие.- 3-е издание, исправленное и дополненное - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. -245 с.

### б) дополнительная

Попова О.М. Полезные ископаемые: Лабораторный практикум с основами теории.-Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 97 с.

Рудные месторождения СССР В 3-х томах /под ред. Смирнова В.И., М.: Недра, 1978.

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1989

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03-Основы учения о полезных ископаемых

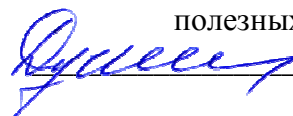
Интернет ресурсы: Все о геологии <http://www.geo.web.ru>

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Б1.В.04 ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ**

для обучающихся специальности:

*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация

*Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых*

форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
геологии, поисков и разведки МПИ  
Протокол № 1 от 23.09.2021

Екатеринбург  
2021

Учение о геологических формациях возникло как прямое следствие геологической науки и в настоящее время представляет один из крупных и обобщающих его разделов.

В общем виде формационный анализ можно рассматривать как новое научное направление в геологии, целью которого является установление естественных ассоциаций горных пород и руд и характера их взаимосвязей в истории развития, как земной коры, так и отдельных её сегментов. В этой связи знакомство будущих геологов с данными проблемами является необходимым и обязательным условием подготовки грамотного специалиста.

В настоящее время, подавляющее большинство геологических исследований прикладного и фундаментального характера проводятся на базе формационного анализа. Мы придаем этому направлению исключительно большое значение, как той единственной верной основе, на которой должны базироваться любые, в том числе и прогнозно-металлогенические исследования.

Учение о геологических формациях возникло как прямое следствие развития геологической науки, исследующей общие и частные закономерности развития земной коры и слагающие ее естественных сообществ горных пород, руд, минералов и пр. Основы были заложены трудами Ю.Ю. Левинсон-Лессинга (1911, 1955), В.А. Обручева (1926), М.А. Усова (1931, 1960), Ю.А. Билибина (1947), Н.П. Хераскова (1948, 1967), С.С. Смирнова (1947), Н.Н. Страхова (1960), Н.С. Шатского (1965), В.И. Попова (1966), Ю.А. Кузнецова (1964), Д.С. Харкевича (1969), В.А. Кузнецова (1967), Е.К. Устиева (1963) и др. В последние годы теоретические основы формационного анализа разрабатываются Р.М. Константиновым (1973), А.Ф. Белоусовым (1976), В.М. Цейслером (1977), Д.В. Рундквистом (1984), Д.Н. Горжевским (1986), В.А. Коротеевым (1982, 1986), В.А. Голубовским (1986), А.Д. Щегловым (1976, 1987), А.И. Кривцовым (1989), и др.

Формационный анализ в самом общем виде рассматривается как выявление, картирование и всестороннее изучение геологических формаций. Однако, всеобъемлющего определения этого понятия пока нет. Существующие определения Н.С.Шатского (1965), Н.П. Хераскова (1967), Ю.А. Кузнецова (1964), В.В. Белоусова (1976), Д.С. Харкевич (1969), В.И. Попова (1956) и др. отражают парагенетический, либо генетический принципы, широко используемые на практике.

Формационный анализ традиционно предполагает следующие аспекты исследований: изучение состава пород, руд, установление стратиграфической и фациальной смены отложений и слагаемых ими тел, оценку геолого-тектонического положения ассоциаций с отображением их генетических связей, металлогенических, петрогенетических, палеотектонических и прочих свойств.

Каждая выделенная формация является, как бы индикатором условий ее происхождения и напрямую связана с эндогенными геологическими режимами, вещественным выражением которых она и является. Существенное нарушение этих условий (эндогенного режима) ведет к появлению новой формации, т.е. к проявлению других вещественных комплексов, другой металлогении и, конечном итоге, другой прогнозной оценке территории.

В формационном анализе удобен и полезен термин «ассоциация», как термин свободного пользования, обозначающий любую природную совокупность горных пород безотносительно к её генезису и независимо от характера границ.

Объем и границы каждой формационной единицы (формация, комплекс, фация, парагенерация) определяются в результате геологических, минералогических, петрохимических, радиологических и петрологических исследований.

Исходя из приведенных выше понятий, можно назвать следующие объективно устанавливаемые признаки, лежащие в основе их выделения: петрографический, фациальный, геоструктурный и историко-геологический. Таким образом, при выделении формации (комплексов) мы руководствуемся двумя основными принципами – вещественным и историко-геологическим.

Металлогеническая направленность формационных исследований обусловила определенный подход к выделению рудной формации, сочетающей основные положения вещественного и историко-геологического принципов, в соответствии с этим мы разделяем определение рудной формации, данное А.Д.Щегловым, под которым им «понимается естественное сообщество рудных образований (месторождений), объединяемых между собой сходными парагенетическими пара ассоциациями главнейших рудных минералов и тектономагматическими условиями проявления, а также близкими особенностями развития рудного процесса». Очень важным положением в определении формации является вопрос о единстве тектономагматических условий их формирования. Это, с одной стороны, позволяет рассматривать магматические осадочные, метасоматические и рудные формации в диалектическом единстве с выделением, как предлагает В.А. Нарсеев и др. (1988) **рудогенерирующих, рудоносных, рудообразующих и рудовмещающих формаций**, а с другой – дает возможность разделить и охарактеризовать сопряженное во времени и в пространстве коровое и мантийное оруденение. Наличие последнего дало возможность А.Д.Щеглову создать концепцию нелинейной металлогении. Рудная формация, как отмечает А.Д.Щеглов, понятие весьма удачное, в котором в настоящее время объединяются представления об эндогенных режимах (тектономагматические условия) образования рудных концентраций, их минеральном составе, а также вкладывается информация о промышленной значимости месторождений, что имеет важное практическое значение.

Рудная формация, как рудоносное геологическое тело определенного иерархического уровня, описывается множеством признаков, из которых в качестве классификационных используются атрибутивные и факторные. Первые характеризуют внутренние свойства и качества формации, ее вещественно морфологические особенности (элементный и минеральный состав руд, минеральные ассоциации, структурные особенности, форма тел и их пространственные соотношения и т.п.). Вторые отражают форму, характер связи и соотношение оруденения с различными геологическими телами и явлениями, которые выступают в качестве причины и предпосылки формирования и размещения полезного ископаемого.

## **Содержание учебной дисциплины**

### **Раздел 1. Введение. Состояние развития учения о геологических формациях**

- 1.1. Учение о геологических формациях среди наук геологического цикла
- 1.2. исторические вехи в учении о геологических формациях
- 1.3. Современные научные направления при выделении геологических формаций



## **Раздел 2. Формационный анализ, его принципы, вещественный состав и строение формаций**

- 2.1. Основные понятия и терминология, применяемые в учении о геологических формациях
- 2.2. Методы выделения и изучения геологических формаций
- 2.3. Вещественный состав и строение геологических формаций

## **Раздел 3. Систематика и характеристика формаций**

- 3.1. Общие принципы и ведущие классификации формаций
- 3.2. Осадочные формации
- 3.3. Магматические формации
- 3.4. Метаморфические и метасоматические формации
- 3.5. Формации выветривания
- 3.6. Рудные формации, металлогеническая формация

## **Раздел 4. Геологические формации, тектоника и геодинамика**

- 4.1. Осадочные формации современных геодинамических обстановок
- 4.2. Магматические формации современных геодинамических обстановок
- 4.3. Сравнительный анализ геологических формаций современных обстановок и их палеоаналогов

## **Раздел 5. Формация и оруденение**

- 5.1. Рудоносность осадочных формаций
- 5.2. Рудоносность магматических формаций
- 5.3. Рудоносность метаморфических и метасоматических формаций
- 5.4. Рудоносность формаций коры выветривания

## **Раздел 6. Формационный анализ при геологическом картировании**

- 6.1. Формационный анализ как способ получения геологической информации
- 6.2. Формационный анализ в стратиграфии, палеогеографии и тектонике

Практические занятия по дисциплине предполагают как выделение и изучение ведущих (петротипических) коллекций каменного материала кафедры, так и ознакомление студентов с формационными картами различных масштабов, схемами корреляции формаций, составлением легенд и макетов формационных карт по учебным планшетам, либо по графическим материалам, привезенным с практики.

### **Перечень практических занятий по курсу**

#### **1. Формациеобразующие горные породы (знакомство с коллекцией кафедры ГПР МПИ): (раздел 3 курса лекций)**

1. Формациеобразующие осадочные породы
2. Формациеобразующие магматические породы
3. Формациеобразующие метаморфические породы
4. Породы формации коры выветривания
5. Формациеобразующие метасоматические породы и руды, сопряженные с ними

**II. Геологические формации основных типов структурных элементов земной коры (раздел 4 курса лекций)**

**III. Геологические формации и оруденение (знакомство с коллекцией кафедры ГПР МПИ, раздел 5 курса лекций):**

1. Рудоносные осадочные формации
2. Рудоносные магматические формации
3. Рудоносные метаморфические формации
4. Рудоносные метасоматические формации
5. рудоносность формации окры выветривания

**IV. Методика составления формационных карт (раздел 2,4,6 курса лекций)**

1. Знакомство с формационными картами
2. Составление макета формационной карты
3. Выделение осадочных и магматических формаций
4. Реконструкция геодинамических обстановок
5. Составление легенды к карте геологических формаций
6. Составление объяснительной записки к карте

При изучении дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющихся в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень последних приведен ниже. Следует в ходе подготовки обратить внимание на примерный перечень докладов (рефератов), которые будут озвучиваться при опросе студентов по мере изучения дисциплины.

***Примерная тематика докладов (рефератов)***

1. Исторические вехи в учении о геологических формациях
2. Методы выделения и изучения геологических формаций
3. Ведущие осадочные формации и их характеристика
4. Основные магматические формации и их характеристика
5. Основные метаморфические формации и их характеристика
6. Основные метасоматические формации и их характеристика
7. Формации кор выветривания и их характеристика
8. Рудные и металлогенические формации
9. Магматические и осадочные формации внутри плитных обстановок
10. Магматические и осадочные формации коллизионных обстановок
11. Магматические и осадочные формации островодужных обстановок
12. Магматические и осадочные формации рифтовых обстановок

***Примерная тематика расчетно-графических работ***

1. Составление легенды к формационным картам отдельных регионов РФ
2. Составление карты геологических формаций отдельных регионов РФ.

Объяснительную записку (объем 5-10 стр.) к формационной карте следует составлять по следующей схеме:

Введение. Приводятся возможные сведения о районе (административное положение, рельеф, климат, география, степень обнаженности).

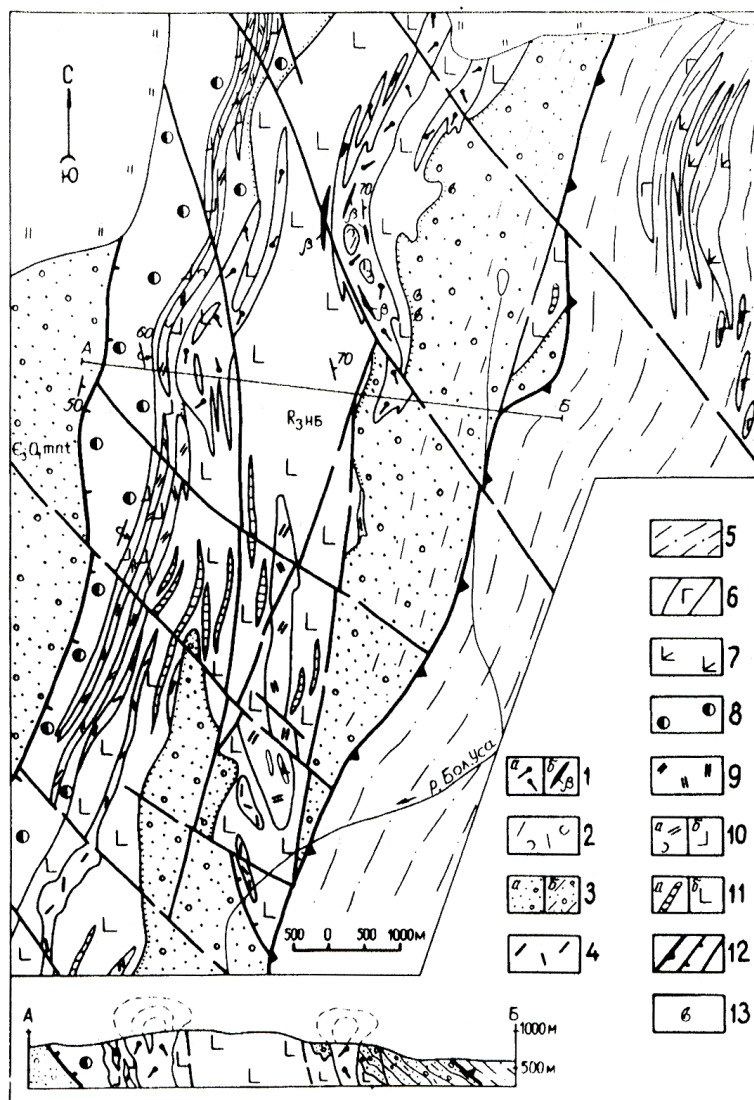
1. Принципы и методика составления карты. Тезисно по методическим указаниям с привлечением специальной литературы налагает методика работ.
2. Основные черты геологического строения района. В начале раздела кратко приводится перечень основных стратиграфических подразделений, начиная с наиболее древних толщ. Далее излагаются сведения о тектонике.
3. Характеристика выделенных геологических формаций. Описание приводится по этажам и ярусам.

Заключение. Кратко перечисляются важнейшие дискуссионные вопросы и предлагаются возможные пути их решения.

Список литературы. Приводится отдельно для изданных и фондовых материалов.

Контрольные вопросы по курсу «Формационный анализ» содержат два теоретических и одно практикоориентированное задание.

Макет формационной карты



#### Условные обозначения:

I - трахибазальт-трахириолитовая Д<sub>1-3</sub> формация: а) трахириолиты, б) диабазы; 2 - туфы риолитов; 3 - алеврито-песчаная формация, Манитанырдская Є<sub>3</sub>-О серия: а) нижняя толща, б) верхняя толща; 4 - трахириолитовая Є<sub>3</sub>-О формация (трахириолиты); 5 - песчано-глинисто-алевритовая формация, орангская Є<sub>3</sub>-О<sub>2</sub> свита; 6 - габбро-диабазовая Є<sub>3</sub>-О формация (диабазы); 7 - толеит-базальтовая формация (базальты); 8 - галечно-алеврито-песчаная формация, хойдышорская V-Є свита; 9-10 -базальт-риолитовая V-Є формация: 9 - субвулканическая фация, риолиты; 10 - эффузивно-пирокластическая фация: а) риодациты, риолиты; б) базальты; II - формации натриевых базальтов-риолитов: а) тела риолитов, б) базальты; 12 - тектонические нарушения: а) надвиг, граница лемвинских и елецких формаций, б) взбросо-надвиги, в) сбросы; 13 -ископаемая фауна ордовика.

#### **Контрольные вопросы проверки знаний при подготовке к экзамену по курсу «Формационный анализ»**

1. Цели и задачи формационных исследований.
2. Ведущие типы осадочных формаций.
3. Специфика магматизма, осадконакопления и метаморфизма древнейших структур Земли.
4. Основные направления в учении о геологических формациях.
5. Основные типы магматических формаций.
6. Геологические формации внутриплитных обстановок.
7. Место формационного анализа в науках о Земле.
8. Основные типы метаморфических формаций.
9. Геологические формации задуговых и преддуговых обстановок.
10. Основные принципы формационного анализа.
11. Геологические формации океанских рифтов.
12. Рудоносность ведущих групп и семейств осадочных формаций.
13. Критерии выделения метаморфических фаций.
14. Рудоносность вулканогенных формаций.
15. Магматические формации обстановок типа «горячих точек».
16. Определение границ и объемов геологических формаций.
17. Рудная формация (определение, примеры).
18. Магматическая формация островодужных (юных) обстановок.
19. Специфика выделения метаморфических формаций.
20. Рудоносность ведущих групп и семейств магматических формаций.
21. Геологические формации активных континентальных окраин.
22. Осадочная формация (определение, примеры).
23. Рудоносность метасоматических формаций.
24. Геологические формации пассивных континентальных окраин.
25. Вулканическая формация (определение, примеры).
26. Связь рудообразующих процессов и систем с геологическими формациями.
27. Геологические формации глубоководных желобов.
28. Интрузивная (плутоническая) формация (определение, примеры).
29. Прокомментируйте смысл сравнительного анализа геологических формаций современных обстановок и их палеоаналогов.

30. Критерии выделения фаций осадочных пород.
31. Геологические формации океанического ложа.
32. Критерии выделения магматических , в том числе вулканогенных фаций.
33. Рудоносность метаморфических формаций.
34. Геологические формации коллизионных обстановок.
35. Соотношение формаций , фаций, ассоциаций.
36. Осадочные и магматические формации континентальных рифтов.
37. Вулканогенная фация (определение, примеры).
38. Охарактеризуйте связь метасоматических формаций с различными геодинамическими обстановками.
39. Осадочная фация (определение, примеры) и её связь с формацией.
40. Рудоносность магматических формаций.
41. Связь геологических формаций с геодинамическими обстановками (на одном из примеров).
42. Охарактеризуйте основные этапы изучения геологических формаций.
43. Магматическая фация (принципы выделения, примеры).
44. Магматические формации энсиалических островных дуг.
45. Охарактеризуйте соотношения фаций, формаций, ассоциаций.
46. Осадочные, метаморфические и магматические формации коллизионных обстановок.
47. Перечислите и прокомментируйте основные задачи формационного анализа.
48. Перечислите основные особенности осадконакопления и магматизма внутриконтинентальных обстановок.
49. Магматические и осадочные формации преддуговых обстановок.
50. Основные подходы к выделению формаций.
51. Рудоносность ультрамафической и мафической групп магматических формаций.
52. Осадочные формации континентального склона и подножия.
53. Перечислите ведущих ученых, внесших заметный вклад в разработку формационного анализа.
54. Основные критерии выделения осадочных формаций.
55. Перечислите и охарактеризуйте основные особенности магматизма активных континентальных окраин андийского типа.
56. Перечислите и охарактеризуйте традиционные аспекты исследований геологических формаций.
57. Охарактеризуйте рифовую формацию.
58. Перечислите и охарактеризуйте основные особенности магматизма активных континентальных окраин азиатского типа.
59. Охарактеризуйте кремнисто-железистую формацию.
60. Какова специфика рудоносности магматических формаций (плутонических, вулканических).
61. История возникновения и развития термина «Формация».
62. Охарактеризуйте флишевую группу формаций.
63. Рудоносность ультраметаморфических формаций.
64. Охарактеризуйте молассовую группу формаций.
65. Офиолитовая ассоциация (содержание, геодинамическая обстановка, рудоносность).

66. Формация коры выветривания
67. Вещественный состав и строение геологических формаций
68. Метасоматическая формация (определение, примеры)
69. Охарактеризуйте метасоматические формации и их связь с оруденением.
70. Рудоносность формации коры выветривания
71. Основные методы изучения и выделения формаций
72. Металлогенические формации (определения, примеры)
73. Формационный анализ как способ получения геологической информации

### **Практикоориентированные задания**

Раздел 1.

Покажите на карте центры развития формационных исследований в России

Раздел 2.

- Покажите на геологическом разрезе реализацию парагенетического подхода к выделению формаций;

- Покажите на геологическом разрезе реализацию генетического подхода к выделению формаций;

Раздел 3.

- Определите по образцу принадлежность породы к осадочной формации;

- Определите по образцу принадлежность породы к магматической формации;

- Определите по образцу принадлежность пород к метасоматической, метаморфической и формации коры выветривания

Раздел 4.

Покажите на карте районы развития геодинамических обстановок дивергентного и конвергентного типов

Раздел 5.

Определите по образцу принадлежность его к рудной формации

Раздел 6.

Определите на карте формационную принадлежность (дать название породных ассоциаций)

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

#### **а) основная литература:**

1.Цейслер В.М. Основы учения о геологических формациях. Учебное пособие. М. Изд-во Геокарт ГЕОС 2012.

2. Душин В.А. Формационный анализ. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург. Изд-во УГГУ. 2013 -116с.

#### **б) дополнительная литература:**

3. / Геодинамические реконструкции / И.И. Абрамович и др.-Л.: Недра, 1989.

Голубовский В.А. Формационный анализ сложных регионов. М.: Наука, 1983.

4. Душин В.А. Основы формационного анализа. Учебное пособие. Изд-во УГГУ. 1995.

5 Драгунов В.Н. Аннемер А.И. , Васильев В.И. Основы анализа осадочных формаций.-Л.: Недра, 1974.-160с.

6. Ефремова С.В., Стафеев К.Г. Петрографические методы исследования горных пород.-М.: Недра, 1985.

7. Камеральная обработка материалов геологосъемочных работ масштаба 1:200000. Методические рекомендации. Выпуск 2. С.Петербург. 1999 – 384с.
  8. Магматические горные породы. Т.6 – Наука, 1987.
  9. Марин Ю.Б. Магматические формации и их рудоносность. Уч. пособие. Ленинград. горный ин-т. Л., 1989.
  10. Попов В.Н. , Запрометов В.Ю. Генетическое учение о геологических формациях. М.: Недра, 1985.
  11. Геологические формации. Терминологический справочник. Т. 1,2. М.: Недра, 1983
  12. Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций. Т.Т. осадочные формации. Магматическаяе формации. Метаморфические .Гл.ред. Д.В.Рундквист.Л.: Недра.1982-1986
  13. Цейслер В.М. Формационный анализ .Учебник М.: Изд-во РУДИ, 2002.
- в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
14. Все о геологии [geo. Web.ru](http://geo.Web.ru)
  15. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [window.edu.ru](http://window.edu.ru)
  16. Геоинформмарк [geoinform.ru](http://geoinform.ru)
  17. Earth-Pages. [earth-pages.com](http://earth-pages.com)

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

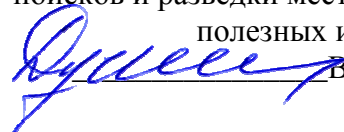
1. Изучение рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в первую очередь изучение коллекций каменного материала по месторождениям полезных ископаемых различных геолого-промышленных типов.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

  
В. А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.06 ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

для обучающихся по специальности:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация № 1

***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Бурмако П.Л., доцент, к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры

Геологии, поисков и разведки МПИ  
*наименование кафедры*

Протокол № 1 от 23.09.2021  
*Дата*

Екатеринбург  
2021



Под промышленными типами понимаются такие естественные геолого-минералогические типы месторождений, при эксплуатации которых в сумме во всем мире извлекается несколько процентов данного вида полезного ископаемого.

Кроме этого, промышленными называются месторождения с балансовыми запасами, которые экономически целесообразно разрабатывать при современном состоянии техники обработки и технологии переработки руд. Промышленный тип месторождения определяется прежде всего геологическими условиями залегания и морфологией рудных тел, минеральным и вещественным составом руд, от которых зависят методы обработки месторождения и технология получения металлов.

По своему содержанию дисциплина «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» – это ветвь науки о геологии месторождений, главной задачей которой является изучение определенных геолого-промышленных типов месторождений в земной коре. Познание закономерностей размещения месторождений, строения слагающих их рудных тел, изучение масштабов объектов, их характерных особенностей, все это необходимо для организации и проведения геологоразведочных работ различного назначения и в совокупности составляет основные цели изучения дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых».

*Целью* освоения учебной дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» является ознакомление студентов с главными и второстепенными типами месторождений полезных ископаемых по каждому виду минерального сырья. Приобретение студентами навыков на основе описания месторождения, по геологической карте или разрезу, и по предоставленной коллекции образцов отнесение месторождения к определенному геолого-промышленному типу.

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- приобретение студентами знаний по минеральным типам руд, их структурно-текстурным особенностям, требованиям промышленности к рудам различных промышленных типов месторождений, их качеству и величине запасов.
- получение представлений по комплексному использованию руд для разработки рациональной системы их обогащения.

#### **Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся** Суммарный объем часов на СРО очной формы обучения составляет 118 часов.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					82
1	Повторение материала лекций	1 тема	0,1-4,0	2,0 x 13= 26	26
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	3,0 x 13 = 39	39
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,4 x 13 = 4,2	4
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	0,35 x 37= 13	13
Другие виды самостоятельной работы					
5	Подготовка к экзамену	1 экзамен		27+9	27+9
Итого:					118

#### **Содержание учебной дисциплины**

##### **Раздел 1. Общие сведения о дисциплине промышленные типы месторождений полезных ископаемых**

Основные понятия, задачи и содержание дисциплины. Группировка промышленных месторождений по запасам. Понятие качества руд. Требования

промышленности к качеству полезного ископаемого (кондиции). Разделение руд по качеству. Промышленная классификация.

## **Раздел 2. Промышленные типы месторождений черных металлов**

Главные и второстепенные промышленные типы месторождений железа. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд. Главные промышленные минералы железных руд. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений главных и второстепенных промышленных типов.

Промышленные типы месторождений марганца. Области применения марганцевых руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам марганцевых руд. Главные промышленные минералы руд марганца. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений.

Промышленные типы месторождений хрома. Области применения хромитовых руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам хромитовых руд. Главные промышленные минералы руд хрома. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

## **Раздел 3. Промышленные типы месторождений легирующих металлов**

Промышленные типы месторождений титана и ванадия; области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд титана и ванадия. Главные промышленные минералы руд титана и ванадия. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений никеля. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд никеля. Главные промышленные минералы руд никеля. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений кобальта. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд кобальта. Главные промышленные минералы руд кобальта. Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений вольфрама. Области его использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам вольфрама. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений молибдена. Области использования этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам молибдена. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

## **Раздел 4. Промышленные типы месторождений цветных металлов**

Главные промышленные типы месторождений алюминия. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд алюминия. Минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов. Второстепенные промышленные типы и потенциальные источники получения алюминия (не из бокситов).

Главные промышленные типы месторождений меди. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд меди. Главные промышленные минералы руд меди. Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений свинца и цинка. Области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд свинца и цинка. Главные промышленные минералы руд свинца и цинка.

Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений сурьмы и ртути. Области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд сурьмы и ртути. Главные промышленные минералы руд сурьмы и ртути. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

#### **Раздел 5. Промышленные типы месторождений благородных металлов**

Главные промышленные типы месторождений золота. Области использования золота и изделий из него. Кондиции, предъявляемые промышленностью к золоторудным месторождениям. Главные промышленные минералы руд золота. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений платины и платиноидов. Области ее использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

#### **Раздел 6. Промышленные типы месторождений редких и радиоактивных металлов**

Промышленные типы месторождений лития. Области использования лития и его соединений. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам лития. Главные промышленные минералы руд лития. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений бериллия. Области его использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам бериллия.

Главные промышленные минералы руд бериллия. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов. Промышленные типы экзогенных и метаморфогенных месторождений урана. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры месторождений. Коэффициент радиоактивного равновесия.

Промышленные типы гидротермальных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры месторождений. Промышленные типы месторождений ниобия и тантала. Области использования этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам ниобия и тантала.

Главные промышленные минералы руд. Подразделение месторождений по содержанию главных полезных элементов. Связь месторождений тантала и ниобия с различными породными комплексами. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений циркония. Области использования этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам циркония. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

#### **Раздел 7. Промышленные типы месторождений химического и агрохимического сырья**

Промышленные типы месторождений минеральных солей. Области применения солей и их соединений. Минеральный состав главных промышленных руд. Масштабы месторождений различных типов. Промышленные типы месторождений фосфатного сырья. Области использования апатитов и фосфоритов. Кондиции для месторождений апатитового и фосфоритового сырья. Главные минеральные разновидности руд фосфоритов и апатитов. Форма рудных тел. Примеры для каждого промышленного типа.

Промышленные типы месторождений серы. Области использования серы и ее соединений. Кондиции, предъявляемые промышленностью к серным рудам. Форма рудных тел месторождений различных генетических типов. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов. Промышленные типы месторождений бора. Области использования руд бора. Кондиции, предъявляемые промышленностью к борным рудам. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

#### **Раздел 8. Промышленные типы месторождений индустриального сырья**

Промышленные типы месторождений слюд. Области использования слюды. Минеральный состав главных промышленных руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к слюдяным рудам. Масштабы месторождений слюд. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов. Промышленные типы месторождений талька и пиррофиллита. Области их использования. Генетические типы месторождений. Формы и размеры промышленных тел в главных месторождениях. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

Промышленные типы месторождений графита. Области использования графита в промышленности. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам графита. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений магнезита и брусита. Области использования магнезита и брусита в промышленности. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам магнезита и брусита. Примеры месторождений. Промышленные типы месторождений хризотил-асбеста. Области применения изделий из хризотил-асбеста. Основные типы руд и содержание в них асбестового волокна. Условия образования месторождений различных промышленных типов и их масштабы. Примеры месторождений ведущих геолого-промышленных типов.

Промышленные типы месторождений амфибол-асбеста. Области применения амфибол-асбеста. Основные минеральные разновидности руд. Условия образования месторождений различных промышленных типов и их масштабы. Примеры месторождений ведущих геолого-промышленных типов.

Промышленные типы месторождений цеолитов. Области использования цеолитового сырья. Условия образования и генетическая природа цеолитовых месторождений. Основные разновидности цеолитов. Промышленные типы месторождений барита и витерита. Области использования этих минералов и их руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к баритовым и витеритовым рудам. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

#### **Раздел 9. Промышленные типы месторождений оптического сырья.**

Основные промышленные типы месторождений кварца. Условия их образования и вмещающие породы главных промышленных типов месторождений. Примеры наиболее известных месторождений главных геолого-промышленных типов. Промышленные типы месторождений флюорита. Области использования флюоритового сырья. Кондиции, предъявляемые добывающей промышленностью к качеству флюоритовых руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

#### **Раздел 10. Промышленные типы месторождений алмазов и камнесамоцветного сырья.**

Промышленные типы месторождений алмазов с примерами для каждого из них. Области использования алмазов. Основные разновидности алмазов, в том числе по месту их использования. Кондиции для месторождений коренных руд и для россыпей. Разновидности месторождений ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней. Главные минералы, относящиеся к каждой из перечисленных групп. Месторождения, представленные ювелирными, ювелирно-поделочными и поделочными камнями. Условия

образования этих месторождений и вмещающих их пород. Примеры месторождений основных геолого-промышленных типов.

### **Раздел 11. Промышленные типы месторождений цементного сырья.**

Промышленные типы месторождений строительных материалов. Применение. Деление на основные типы сырья по крупности материала и по использованию. Промышленные типы месторождений цементного сырья. Процесс производства портланд-цемента.

### **Раздел 12. Промышленные типы месторождений керамического сырья (каолина, глин, пегматитов, гранитов).**

Промышленные типы месторождений керамического сырья. Области использования разнообразных керамических изделий. Кондиции, предъявляемые промышленностью к керамическому сырью. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

### **Раздел 13. Промышленные типы месторождений стекольного сырья**

Промышленные типы месторождений стекольного сырья. Области использования стекла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к стекольному сырью. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

## **План лабораторных занятий по дисциплине «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых»**

1. Знакомство с литературой по описанию конкретных месторождений полезных ископаемых;
2. Описание каждого месторождения в табличной форме;
3. Зарисовка плана или разреза месторождения;
4. Изучения коллекции образцов по каждому месторождению;
5. Коллоквиум по каменному материалу.

На лабораторные занятия преподавателем объявляется список месторождений подлежащих изучению студентами. Этот список, как правило, не превышает четырех-пяти объектов за занятие по одному или двум близким видам минерального сырья. Студентам дается время 40-50 минут от занятия, для изучения литературы и описания месторождений.

Описание месторождений производится в отдельной тетради, которая озаглавляется – «Каталог месторождений». На титульном листе каталога должна быть написана фамилия студента, группа, изучаемая дисциплина. Пример оформления титульного листа дается в приложении № 1.

Характеристика месторождения полезных ископаемых производится на развернутом листе тетради в табличной форме. На одном листе следует помещать не более двух месторождений. В таблице описания месторождений левый лист делится пополам и на правой его половине помещается разрез месторождения. Всего на странице помещаются следующие столбцы по порядку:

1. Номер по порядку;
2. Название месторождения;
3. Генетический класс месторождения;
4. Извлекаемые полезные ископаемые;
5. Масштаб месторождения;
6. Разрез месторождения с условными обозначениями.

Правый лист делится на три равных столбца:

1. Формы рудных тел;
2. Минеральный состав руд и вмещающие породы;
3. Структуры и текстуры руд.

Пример заполнения таблицы приводится на рисунке 1.

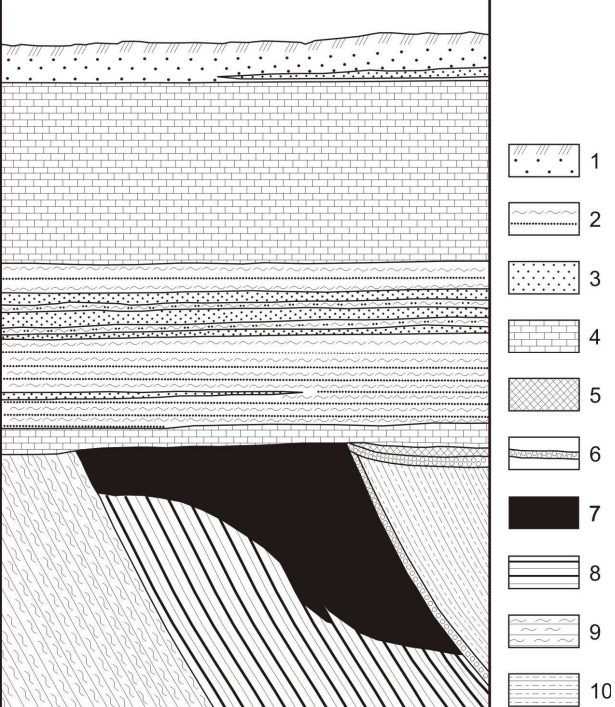
№ <sub>пп</sub>	Название месторождения	Генетический класс	Извлекаемые ПИ	Масштаб месторождения	Разрез (план) месторождения	Форма рудных тел	Минеральный состав руд и вмещающих пород	Структуры и текстуры руд
1	КМА (Яковлевское)	Метаморфизованный	Fe	12 000 млн. т.	 <p>1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руда переотложенная; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.</p>	Пластовая, смятая в складки, пластообразная, плащеобразная	Магнетит, гематит, мартит. Железистые кварциты	Структуры: Мелко- и скрытозернистые, Текстуры: массивные, полосчатые, плейчатые, слоистые.

Рис.1. Пример заполнения каталога месторождений

Зарисовка плана или разреза месторождения обязательно делается от руки, что позволяет, с одной стороны, научить студента делать геологические зарисовки с условными обозначениями и другими атрибутами геологической документации. С другой стороны рисунок от руки позволяет лучше запоминать особенности геологического строения каждого из месторождений, что понадобится студентам для правильного ответа на один из вопросов экзаменационного билета.

Вторая часть лабораторного занятия продолжительностью 40-50 минут отводится для изучения каменного материала по отдельным месторождениям полезных ископаемых. Каждая коллекция состоит из 15-20 образцов характеризующих минеральный состав основных полезных ископаемых месторождения, минералы-спутники полезного ископаемого, наиболее характерные их структуры и текстуры, а также вмещающие породы, содержащие полезные минералы.

Список месторождений необходимых для изучения на лабораторных занятиях по курсу «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых»:

### **Железо**

Яковлевское месторождение (КМА);  
Керченская группа месторождений (Крым);  
Соколовское месторождение (Южный Урал);  
Качканарское месторождение (Средний Урал);  
Кусинское месторождение (Средний Урал);  
Западно-Каражальское (Казахстан);  
Ковдорское месторождение (Кольский п-ов);

### **Марганец**

Никопольское месторождение (Украина);

### **Хром**

Кемпирсайская группа месторождений;  
Центральное месторождение (Полярный Урал, массив Рай-Из);  
Сарановское месторождение (Северный Урал);

### **Титан**

Иршинская ильменитовая россыпь (Украина);

### **Никель**

Талнахское месторождение (Сибирь);  
Бурьктальское месторождение (Южный Урал);  
Ховуаксинское месторождение (Тува);  
Черемшанское месторождение (Средний Урал);

### **Молибден и вольфрам**

Коунрадское месторождение (Казахстан);  
Каджаранское месторождение (Армения);  
Тырныаузское месторождение (Северный Кавказ);  
Месторождение Восток-II (Дальний Восток);  
Джидинское месторождение (Забайкалье);

### **Алюминий**

Месторождение Красная шапочка СУБР (Северный Урал);  
Тихвинское месторождение (Ленинградская обл.);

### **Медь**

Гайское месторождение (Южный Урал);  
Сафьяновское месторождение (Средний Урал);  
Дегтярское месторождение (Средний Урал);  
Джезказганское месторождение (Центральный Казахстан);  
Удоканское месторождение (Забайкалье);

### **Свинец и цинк**

Риддер-Сокольное месторождение (Рудный Алтай);  
Садонское месторождение (Осетия);  
Тетюхенское (Дальнегорское, Верхнее) месторождение (Дальний Восток);  
Миргалимсайское месторождение (Южный Казахстан);

### **Олово**

Депутатаское месторождение (Якутия);

### **Сурьма**

Сарылахское месторождение (Якутия);  
Кадамджайское месторождение (Рудный Алтай);

### **Ртуть**

Хайдарканское месторождение (Киргизия);  
Никитовское месторождение (Украина);

### **Золото**

Месторождение Мурун-Тау (Узбекистан);  
Кочкарское месторождение (Южный Урал, Челябинская обл.);  
Березовское месторождение (Средний Урал);  
Воронцовское месторождение (Средний Урал);  
Балейское месторождение (Забайкалье);  
Месторождение Сухой Лог (Иркутская область);

### **Уран**

Далматовское месторождение (Курганская область)

### **Алмазы**

Трубка «Мир»  
Трубка «Аргайл»

### **Графит**

Курейское (Ногинское)  
Завальевское

### **Слюды**

Мамско-Чуйская провинция  
Слюдяногорское  
Ковдорское

### **Асбест**

Баженовское  
Сысертское



**Тальк**  
Шабровское  
Киргитейское

**Магнезит**  
Саткинское

**Кварц**  
Кыштымское

**Соли**  
Верхнекамское

**Апатиты и фосфориты**  
Каратау  
Егорьевское  
Хибиногорское  
Просьяновское-глины  
Дальнегорское-бор  
Гаудакское-сера  
Вознесенское-флюорит

На заключительном этапе обучения дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» на последнем в семестре лабораторном занятии проводится коллоквиум по каменному материалу. Студенту выдается пять образцов разных полезных ископаемых, которые необходимо охарактеризовать по следующему плану:

1. Структура полезного ископаемого;
2. Текстура руды;
3. Минеральный состав руды;
4. Извлекаемое полезное ископаемое;
5. Возможный генетический класс месторождения;

Также по возможности необходимо по выданной преподавателем коллекции образцов полезных ископаемых определить возможный геолого-промышленный тип месторождения полезных ископаемых, возможные типы руд, их минеральный состав, назвать промышленные кондиции и возможные масштабы месторождений.

*Критерии оценивания:* правильное определение структуры руды – 1 балл, правильное определение текстуры руды – 1 балл, правильное и подробное определение минерального состава руды – 1 балл, выявление полезного ископаемого – 1 балл, геолого-промышленный тип МПИ – 1 балл.

Кроме этого на коллоквиуме студентам выдаются разрезы или планы неизвестных им месторождений и по строению геологического разреза месторождения рудных или нерудных полезных ископаемых необходимо провести обоснование возможного геолого-промышленного типа месторождения – 2 баллов, представление графического материала – 1 балл, выводы по первоочередным промышленным типам минерального сырья – 2 балла.

*Критерии оценки:*

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям, выполнена самостоятельно и без существенных замечаний (9-10 баллов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям, выполнена практически самостоятельно, а имеющиеся ошибки и неточности были сразу исправлены после указания на них преподавателем (7-8 баллов)

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа не совсем соответствует критериям, выполнена с большими ошибками и неточностями, а при исправлении имеющихся ошибок и неточностей, указанных преподавателем возникли трудности (5-6 баллов)

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа не соответствует критериям, выполнена с существенными ошибками и неточностями, а ошибки и неточности, указанные преподавателем не были исправлены (0-4 балла)

Для изучения дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющихся в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень последних приведен ниже.

Ниже приводятся контрольные вопросы по курсу «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых», в экзаменационном билете содержится один теоретический вопрос по металлическим полезным ископаемым и одно практико-ориентированное задание в одном семестре (Часть 1), во втором семестре теоретический вопрос и практико-ориентированное задание посвящено неметаллическим полезным ископаемым

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МПИ» Часть 1**

1. Главные и второстепенные промышленные типы месторождений железа. Кондиции, минералы, ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры.
2. Промышленные типы месторождений марганца. Области применения таких руд. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры.
3. Промышленные типы месторождений хрома. Области применения таких руд. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
4. Промышленные типы месторождений титана и ванадия. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
5. Промышленные типы месторождений никеля. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
6. Промышленные типы месторождений кобальта. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
7. Главные промышленные типы месторождений алюминия. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов. Второстепенные промышленные типы и потенциальные источники получения алюминия (не из бокситов).
8. Главные промышленные типы месторождений меди. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
9. Главные промышленные типы месторождений свинца и цинка. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

10. Главные промышленные типы месторождений сурьмы и ртути. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
11. Главные промышленные типы месторождений золота. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
12. Промышленные типы месторождений лития. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
13. Промышленные типы месторождений бериллия. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
14. Промышленные типы экзогенных и метаморфогенных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры. Что такое коэффициент радиоактивного равновесия?
15. Промышленные типы гидротермальных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры.
16. Промышленные типы месторождений ниобия и тантала. Области их использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
17. Промышленные типы месторождений вольфрама. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
18. Промышленные типы месторождений молибдена. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
19. Промышленные типы месторождений циркония. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
20. Главные промышленные типы месторождений платины и платиноидов. Области ее использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МПИ» Часть 2**






1. Промышленные типы месторождений строительных материалов. Применение. Деление на основные типы сырья по крупности материала и по использованию.
2. Промышленные типы месторождений слюд. Области использования. Минеральный состав, кондиции, масштабы месторождений. Примеры.
3. Промышленные типы месторождений алмазов. Где они используются. Перечислите их разновидности. Кондиции для коренных руд и для россыпей. Назовите главные промышленные типы месторождений с примерами для каждого из них.
4. Промышленные типы месторождений талька и пиррофиллита. Области их использования. Генетические типы. Форма и размеры промышленных тел. Примеры.
5. Промышленные типы месторождений графита. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
6. Промышленные типы месторождений минеральных солей. Области применения. Минералы, масштабы месторождений различных типов.

7. Промышленные типы месторождений фосфатного сырья. Области использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Примеры для каждого промышленного типа.
8. Промышленные типы месторождений магнезита и брусита. Применение. Кондиции. Примеры.
9. Промышленные типы месторождений хризотил-асбеста. Применение. Основные типы руд и содержание в них асбестового волокна. Условия образования. Примеры.
10. Промышленные типы месторождений амфибол-асбеста. Области применения. Основные минеральные разновидности. Условия образования. Примеры.
11. Разновидности месторождений ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней. Какие из минералов относятся к каждой из перечисленных групп и какими месторождениями они представлены. Условия их образования и вмещающие породы. Примеры.
12. Основные промышленные типы месторождений кварца. Условия их образования и вмещающие породы. Примеры.
13. Промышленная классификация неметаллических полезных ископаемых. Деление различных видов сырья на основные группы по свойствам и главным направлениям применения в промышленности. Основные требования, предъявляемые к качеству неметаллического сырья.
14. Промышленные типы месторождений флюорита. Области его использования. Кондиции. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
15. Промышленные типы месторождений цеолитов. Области их использования, условия образования и генетическая природа. Охарактеризуйте основные их разновидности.
16. Промышленные типы месторождений цементного сырья. На базе каких пород производится цемент. Рассмотрите процесс производства портланд-цемента.
17. Промышленные типы месторождений серы. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
18. Промышленные типы месторождений бора. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
19. Промышленные типы месторождений барита и виверита. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
20. Промышленные типы месторождений керамического сырья. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
21. Промышленные типы месторождений стекольного сырья. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

## ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

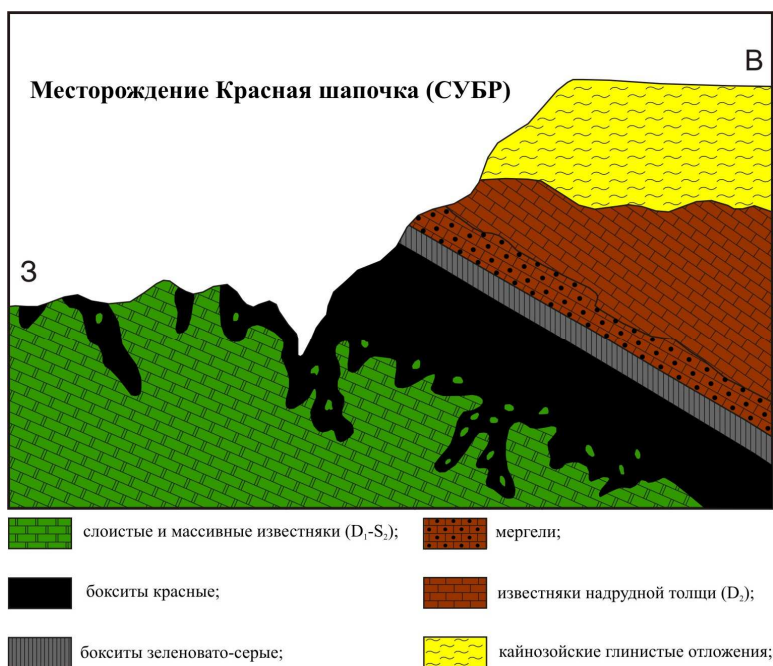
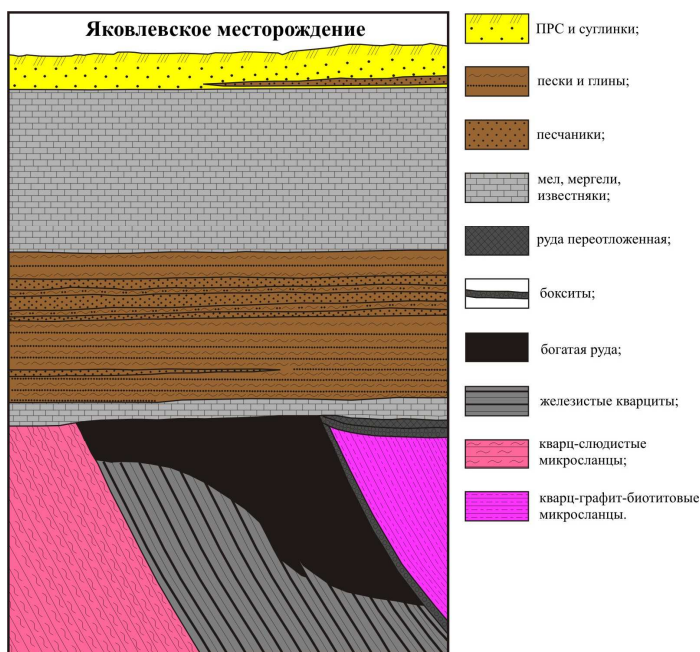
По строению геологического разреза месторождения полезных ископаемых определить возможные геолого-промышленные типы месторождения.

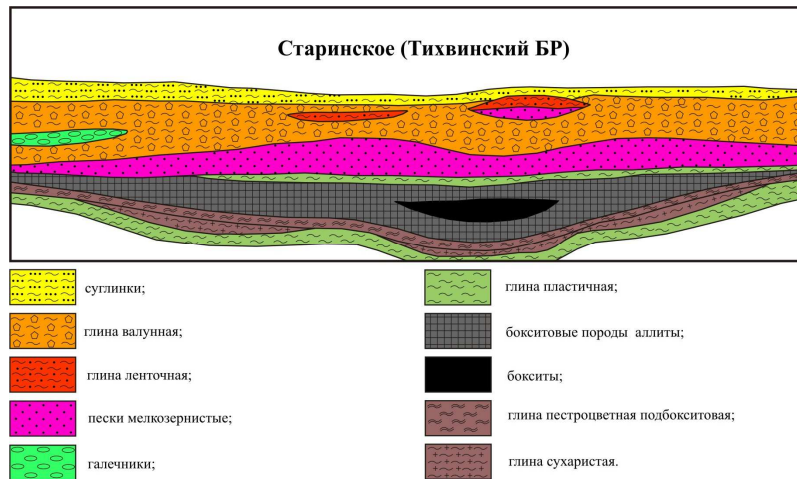


	глины и пески верхнекимерийские;		известняки, угли, пески понтичские;
	рудные слои;		глины, мергели, пески мзотиса;
	глины и известняки нижнекимерийские;		отложения сармата.



1 2 3 4 5 6





## МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

### 1. Основная литература

1. Месторождения металлических полезных ископаемых / В.В. Авдонин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, Трикса, 2016. — 719 с. — 978-5-8291-2504-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60030.html>
2. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. Учебное пособие. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007.-459 с.
3. Промышленные типы месторождений металлических полезных ископаемых. Учебное пособие / Малахов И.А., Бурмако П.Л., Алексеев А.В .- Екатеринбург, Изд.УГГГУ, 2007. 208 с
4. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых. Учебное пособие / Малахов И.А., Алексеев А.В., Бурмако П.Л. - Екатеринбург, Изд.УГГГУ, 2010. 208 с.

### 2 Дополнительная литература

1. Курс рудных месторождений: учебник для вузов / Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Григорьев В.М., Яковлев Г.Ф. М.: Недра, 1986.-360 с.
2. Курс рудных месторождений: учебник / Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Яковлев Г.Ф. М.: Недра, 1981.-348 с
3. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. Учебное пособие для вузов –М.: Недра, 1986. –358с
4. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых: Учебник для вузов /Карякин А.Е., Строна П.А.,Шаронов Б.Н. и др. М.: Недра, 1985.- 286с.
5. Геолого-промышленные типы месторождений урана: Учебное пособие / В.Е. Бойцов, А.А. Верчеба, 2008. -310 с.

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к лабораторным занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в т. ч. изучение каменного материала по ведущим месторождениям.

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

**Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых**

## **КАТАЛОГ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

по дисциплине **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Студент: Иванов И.И.**

**Группа: РМ-18**

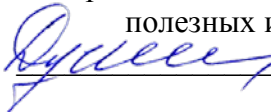
**Екатеринбург, 2019**

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений

полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.07 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПОИСКИ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация

***Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Баранников А.Г., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ

*(название кафедры)*

Протокол № 1 от 23.09.2021

*(Дата)*

Екатеринбург



## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ</b> .....	7
1.1.Оконтуривание рудного тела в разрезе скважины и в поперечном сечении.....	7
1.2. Оконтуривание пластообразной рудной залежи на плане.....	12
<b>2. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ</b> .....	16

## ВВЕДЕНИЕ

**Оконтуривание** месторождений полезных ископаемых – это определение на горизонтальной, вертикальной проекциях и разрезах границ контуров распространения залежей полезного ископаемого или его частей (отдельных тел, блоков, горизонтов). Оно производится по показателям кондиций: бортовому содержанию полезного компонента, минимальному промышленному содержанию, минимальной мощности тела полезного ископаемого или метропроценту и ряду других. Оконтуривание месторождений полезных ископаемых – этап, предшествующий подсчету запасов полезных ископаемых. Оконтуривание сводится к установлению опорных точек контура объекта по естественным обнажениям, горным выработкам, разведочным скважинам и построению по ним линии подсчетного контура залежи. Для подсчета запасов отстраивается промышленный контур, ограничивающий кондиционные участки тела полезного ископаемого. Он может быть внутренним и внешним. **Внутренний** контур отстраивается через крайние разведочные пересечения, встретившие полезное ископаемое; **внешний** – через точки предполагаемых естественных или условных (экстраполированных) границ распространения месторождения.

В пределах выработки опорные точки устанавливаются по данным замеров, непосредственных наблюдений и опробования. При четких геологических границах подсчетный контур совпадает с геологическим. При сложном распределении полезных компонентов оконтуривание производят по пробе с бортовым содержанием, по мощности или метропроценту (произведению величины мощности на содержание). При отстройке подсчетного контура установленные по отдельным выработкам опорные точки переносятся на планы, разрезы или проекции и соединяются прямыми или изогнутыми (согласно геологической структуре) линиями. Положение опорных точек между крайними пересечениями с кондиционными и некондиционными показателями находят способом интерполяции. За пределами выработок с кондиционными показателями при отсутствии оконтуривающих пересечений подсчетный контур определяют методом экстраполяции с использованием геолого-геофизических данных по месторождению.

Запасы, оконтуренные по достаточно густой сети разведочных пересечений, могут быть отнесены к категориям *A* и *B*, а на объектах сложного геологического строения – к категории *C*<sub>1</sub>. Запасы, распо-

ложенные за пределами внутреннего контура, обычно относятся к категориям  $C_2$  и реже –  $C_1$ .

**Подсчет запасов** называется операция по определению количества промышленно пригодного минерального сырья в недрах. Разведанные и правильно учтенные запасы полезных ископаемых представляют надежную основу для экономики страны. Поэтому обоснованный подсчет запасов для разных видов минерального сырья имеет важное государственное значение. Хотя подсчет запасов является вычислительной операцией, в его основе лежит методически обоснованная разведка и всестороннее изучение геологического строения месторождения полезного ископаемого.

По Л. И. Четверикову (1984) понятие «**методика разведки**» является базовым понятием теории разведки. Оно включает в себя: а) комплекс локальных наблюдений и замеров разведочных параметров (метод разведки); б) способы осуществления этих наблюдений и замеров; в) методы обработки, анализа и оценки разведочной информации; г) интерпретацию данной информации и создание эмпирической модели разведываемых недр. Пункт «а» занимает особое положение. Он реализуется через разведочные системы. Вслед за А. Б. Кажданом [1, 2] под разведочной системой мы понимаем совокупность определенных образом расположенных разведочных пересечений. По пространственной ориентировке разрезов разведочные системы подразделяются на три класса: 1) вертикальных разрезов; 2) горизонтальных разрезов; 3) продольных разрезов. Выбор системы разведки зависит от ряда факторов: а) поставленных задач и выбранной методики разведки; б) горно-геологических особенностей разведки; в) имеющихся технических средств; г) географо-геоморфологических и экономических факторов. Оптимальной будет такая система разведки, которая позволит решить поставленные задачи и осуществить оценку недр с наименьшей затратой времени и материально-технических средств.

Подсчет запасов и сопутствующее ему изучение месторождений проводятся для: а) определения количества минерального сырья в недрах с выяснением распределения запасов по отдельным сортам и участкам месторождения; б) обоснования степени надежности цифр подсчета запасов и степени изученности месторождения; в) сбора необходимых данных для геолого-экономической оценки разведываемого месторождения, включающей обоснование способа вскрытия и обработки объекта, оценку технологических свойств и качеств минераль-

ного сырья, расчет экономической целесообразности промышленного освоения.

*Запасы* какого-либо компонента (например, металла) в недрах рудного месторождения рассчитываются по формуле

$$P = Q \cdot c,$$

где  $P$  – запасы компонента (например, металла);  $Q$  – запасы минерального сырья (например, руды);  $c$  – среднее содержание компонента в контуре подсчитываемых запасов (например, среднее содержание металла в руде).

Если « $c$ » выражено в процентах, то  $P = Q \frac{c}{100}$ .

Запасы минерального сырья ( $Q$ ) определяются по формуле

$$Q = V \cdot d,$$

где  $V$  – объем тела полезного ископаемого, по которому производится подсчет запасов,  $\text{м}^3$ ;  $d$  – объемная масса минерального сырья в недрах,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Объем тела полезного ископаемого ( $V$ ) определяется по формуле

$$V = S \cdot m,$$

где  $S$  – площадь полезного ископаемого,  $\text{м}^2$ ;  $m$  – средняя мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчитываемых запасов,  $\text{м}$ .

В итоге формулу подсчета запасов можно выразить так:  $P = S \cdot m \cdot d \cdot c$

$$\text{или } P = \frac{S \cdot m \cdot d \cdot c}{100}.$$

Запасы минерального сырья в недрах ( $Q$ ) устанавливаются в следующих единицах: 1) запасы руды коренных металлических месторождений твердых полезных ископаемых – в тыс. т; 2) запасы песков россыпных месторождений, пород для строительных целей и др. – в тыс.  $\text{м}^3$  или млн  $\text{м}^3$ . Запасы компонентов учитываются в т или в тыс. т. При этом для железа, марганца, хрома, ванадия и алюминия определяются только запасы сырой руды ( $Q$ ) и среднее содержание в ней металла ( $c$ ), а запасы металлов ( $P$ ) не вычисляются. Запасы благородных металлов (золота, платины, серебра) определяются в кг или т. При подсчете запасов алмазов содержание выражается в каратах (1 карат = 200 мг) или граммах.

Запасы подсчитываются по месторождениям (участкам) по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе их изучения и промышленного освоения. Они оцениваются в недрах без введения поправок на потери и разубожи-

вания при добыче, обогащении и переработке концентратов. В комплексных месторождениях подлежат подсчету запасы основных и совместно залегающих с ними полезных ископаемых, а также содержащиеся в них основные и попутные полезные компоненты (металлы, минералы, химические элементы и их соединения), целесообразность промышленного использования которых определена условиями на минеральное сырье.

## **1. ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Важнейшим элементом разведки месторождений полезных ископаемых является оконтуривание залежей, позволяющее определить их форму и внутреннее строение. Оконтуривание ведется по показателям кондиций, которые зависят от способа определения границ тела полезного ископаемого (визуальный или путем опробования), от характера распределения полезного компонента (равномерное, неравномерное) и от сложности внутреннего строения.

Первоначально выполняется оконтуривание тела по разведочной выработке, а затем оконтуривание в разведочном сечении и на плане. По данной теме предлагаются два задания, работа над которыми дает студенту представление об оконтуривании рудных залежей. В обоих заданиях контуры промышленного оруденения устанавливаются по данным опробования. Это позволяет при выполнении каждого задания убедиться в тесной связи количества балансовых запасов от качества полезного ископаемого. В каждом задании следует показать штриховкой распределение балансовых и забалансовых запасов.

### **1.1. Оконтуривание рудного тела в разрезе скважины и в поперечном разведочном сечении**

**Дано:** поперечный геологический разрез пластообразной залежи гипергенных никелевых руд, полученный по данным эксплуатационной разведки (рис. П. 1 – П. 3). Разведочные скважины расположены друг от друга на расстоянии 10-15 м. Длина керновых проб 2 м. Содержание никеля вынесено рядом с соответствующими пробами. Фрагмент этого разреза приведен на рис. 1. Для реализации индиви-

дуальной самостоятельной работы каждого студента на группу выдается 3 разреза по 10 вариантов в каждом.

*В процессе оконтуривания следует руководствоваться следующими кондициями:*

1. Минимальная рабочая мощность – 2 м.
2. Максимальная мощность пустых пород и забалансированных руд, включаемых в промышленный контур рудного тела, – 2 м.
3. Бортовое содержание никеля по вариантно (табл. 1).

Таблица 1

**Кондиции для оконтуривания  
по конкретным вариантам задания**

Варианты		Бортовое содержание никеля, % масс.	Минимальное промышленное содержание никеля по блоку, % масс.
нечетные скважины	четные скважины		
1, 11, 21	6, 16, 26	0,7	1,05
2, 12, 22	7,17,27	0,8	1,10
3, 13, 23	8, 18, 28	0,9	1,15
4, 14, 24	9,19,29	1,0	1,20
5, 15, 25	10, 20, 30	1,1	1.30

4. Минимальное содержание никеля, принятое за нижний предел для оконтуривания забалансовых руд, составляет 0,5 % масс.

**Необходимо:**

а) пользуясь кондициями, определить опорные точки для оконтуривания в пределах каждой выработки; отметки кровли и подошвы залежи соединить пунктирной линией;

б) вычислить и поставить над скважиной в виде дроби мощность рудной залежи (числитель) и среднее содержание никеля в процентах (знаменатель);

в) провести контуры забалансовых руд в разведочном сечении;

г) вычислить площадь балансовых руд в разрезе и линейный запас никеля, приняв значение объемной массы сухой руды, равной 1,15 т/м<sup>3</sup>;

д) исследовать зависимость линейного запаса балансовых руд (количество) от уровня бортового содержания, принятого при оконтуривании.

### **Методические указания к выполнению работы.**

Каждый студент получает разведочный профиль с исходными данными для оконтуривания в соответствии с вариантом задания (1-10, 11-20, 21-30), определяемым порядковому номеру студента в групповом журнале. Каждый вариант предусматривает обработку данных по четным или нечетным скважинам, входящим в разведочный профиль.

Наметив по заданному бортовому содержанию верхнюю границу рудного тела по каждой скважине, следует соединить из жирной пунктирной линией, соответствующей положению в пространстве кровли рудного тела. Затем аналогичным образом необходимо провести пунктирную линию, соединяющую отметки подошвы рудного тела.

Далее необходимо выделить участки забалансовых руд, включаемых в контур рудного тела. Как правило, они соответствуют спаренному положению двух проб с некондиционным (ниже бортового) содержанием никеля.

Наметив внешние и внутренние границы забалансовых руд, нужно определить среднее содержание никеля по скважине и общую мощность рудного тела по скважине (среднеарифметическим способом). Оба параметра выносятся в виде дроби над скважиной.

На рис. 1 дан пример оконтуривания на одном из участков разреза. При бортовом содержании никеля 0,8 % по скважине № 1 мощность залежи составила 10 м, так как некондиционный интервал с содержанием 0,53 % не превышает 2 м. Среднее содержание никеля по пяти пробам составило 0,95 %.

Скважина 3 вскрыла внутри рудного тела интервал забалансовых руд мощностью 4 м (0,70 и 0,75 %). Поскольку согласно условиям внутри рудного тела такие руды могут присутствовать лишь в виде прослоев не более 2 м, этот интервал исключается из контура балансовых руд. Однако, если такой участок окружен балансовыми рудами в соседних скважинах, он вычленяется на разрезе как «островок» забалансовых руд. Некондиционные интервалы мощностью 2 м, располагающиеся среди кондиционных, включаются в контур балан-

совых руд без каких-либо ограничений. Примером может служить интервал с содержанием 0,7 % никеля по скважине 5 (см. рис. 1). В случае более высоких требований кондиций к качеству руд ( $C_{\text{б.}} = 0,9$  % масс), этот интервал совместно с соседним (0,8 %) вычленяется из рудного контура как «окно» забалансовых руд.

После проведения контура балансовых руд следует проверить правильность оконтуривания. С этой целью необходимо вычислить среднее значение мощности рудного тела (среднеарифметическое) и среднее содержание никеля по разведочному сечению (средневзвешенное). При соблюдении неравенства  $\bar{C} \geq C_{\text{мин. пр.}}$  можно считать оконтуривание законченным. Если среднее содержание никеля меньше минимального промышленного, нужно исключить из расчета среднего значения скважины с наименьшим содержанием никеля (одну-две) и вновь проверить наличие приведенного выше неравенства.

Закончив оконтуривание балансовых руд, следует провести, по соответствующему показателю кондиций, контуры забалансовых руд (верхний и нижний) и показать распространение названных типов руд в разведочном сечении соответствующей штриховкой (см. рис. 1). Проведя оконтуривание балансовых руд по разрезу, нужно определить их площадь ( $S$ ) в  $\text{м}^2$ , учитывая соотношение вертикального и горизонтального масштабов. Это можно сделать с помощью палетки или умножением длины залежи в разрезе на среднюю ее мощность, вычисленную ранее. В качестве палетки можно использовать кальку, на которой равномерно по квадратной сетке (1,0 x 1,0 см) нанесены яркие (жирные) точки, каждая из которых соответствует единичной площадке, определяемой произведением знаменателей горизонтального и вертикального масштабов. В нашем случае это  $20 \text{ м}^2$  (1:1000 и 1:200). Если точки на палетке нанести через 0,5 см, то площадь зоны влияния каждой точки будет  $5 \text{ м}^2$ . Точки, попавшие на границу контура, соответствуют половине единичной площадки (10 или  $2,5 \text{ м}^2$  соответственно). Для повышения точности вычисления площади определение площади по палетке следует выполнить дважды.

Затем необходимо определить линейный запас никеля ( $P_{\text{Ni}}$ ) в слое 1 м, пользуясь формулой

$$P_{\text{Ni}} = S \cdot 1 \cdot d \cdot \bar{C} \cdot 100^{-1},$$

где  $S$  - площадь балансовых руд,  $\text{м}^2$ ;  $d$  - объемная масса сухой руды,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $\bar{C}$  - среднее содержание никеля по разрезу, % масс.



Заключительная часть работы состоит из исследования связи количества руды (линейный запас) от его качества (среднее или бортовое содержание никеля). Для этого студенты, выполняя оконтуривание при различных вариантах бортового содержания, но при одинаковых исходных данных (варианты 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30), объединяются в группы по пять человек для обмена полученными результатами и их обсуждения. Обменявшись значениями вычисленных линейных запасов никеля в балансовых рудах, каждый студент строит график зависимости величины линейного запаса (ордината) от бортового содержания (абсцисса). В итоге он убеждается в конкретном проявлении зависимости подсчитанных запасов от принятых кондиций.

Итоги проделанной работы отображаются на правой стороне отчетного бланка, где последовательно (сверху вниз) приводятся следующие данные:

- промышленные кондиции, использованные при оконтуривании (бортное и минимальное промышленное содержание никеля);
- среднее содержание никеля по разрезу в сопоставлении с минимальным промышленным, % масс;
- средняя мощность рудного тела, м;
- площадь балансовых руд в разведочном сечении, м<sup>2</sup>;
- расчет линейного запаса никеля, т;
- график зависимости линейного запаса никеля от его бортового содержания.

Время выполнения работы в аудитории – 2 часа.

## **1.2. Оконтуривание пластообразной рудной залежи на плане**

Оконтуривание залежи гипергенных никелевых руд реализуется в проекции на дневную поверхность после проведения оконтуривания в каждой скважине и разведочном пересечении.

**Дано:** Разведочный план небольшого месторождения гипергенных никелевых руд, разведанного по сети 50 x 50 м в стадию оценочных работ (номера скважин 1-86) и 25 x 25 м в стадию разведки (номера скважин 87 и более). Возле каждой скважины показаны мощность рудного тела и среднее содержание никеля по пересечениям с балансовыми рудами. По скважинам, не вскрывшим промышленного оруденения, выносятся содержания никеля по забалансовым рудам. Фрагмент этого плана приводится на рис. 2.

Основные показатели кондиций, определяющие условия оконтуривания, приведены в табл. 2. Всего предложено пять значений кондиционных показателей.

Таблица 2

**Промышленные кондиции для оконтуривания залежей в плане**

Варианты заданий				Бортовое содержание никеля, % масс.	Минимальное промышленное содержание никеля по залежи, % масс.
а	б	в	г		
1	6	11	16	0,7	1,05
2	7	12	17	0,8	1,10
3	8	13	18	0,9	1,15
4	9	14	19	1,0	1,20
5	10	15	20	1,1	1,30

Варианты с индексами «а» (1-5) и «в» (11-15) выполняются с использованием всех скважин, а с индексами «б» (6-10) и «г» (16-20) – по скважинам стадии оценочных работ (см. рис. 2).

При названных условиях одновременно реализуется 20 индивидуальных решений данного задания.

В качестве дополнительных кондиций заданы:

1. Минимальная рабочая мощность – 2 м;
2. Минимальное содержание никеля, дающее право относить руды к забалансовым – 0,5 % масс.

**Необходимо:** пользуясь заданными кондициями, провести оконтуривание балансовых и забалансовых руд, отобразив их штриховкой на бланке задания.

**Методические указания к выполнению работы.**

Каждому студенту выдается план расположения разведочных скважин со значениями мощностей рудных тел и средних содержаний никеля по разведочным пересечениям. В соответствии с порядковым номером студента в групповом журнале определяется вариант его индивидуального задания, включающий перечень разведочных скважин, участвующих в оконтуривании, и промышленные кондиции, при которых оно должно быть выполнено (см. табл. 2).

В контур балансовых руд включаются скважины с содержанием никеля выше бортового. Положение контура на плане определяется интерполяцией между скважинами с кондиционным и некондиционным содержанием и фиксируется жирной пунктирной линией. Аналогичным образом проводится внутриконтурная граница балансовых и забалансовых руд.

После проведения контура балансовых руд необходимо вычислить средневзвешенное содержание никеля по залежи (блоку) и среднюю мощность залежи. Оконтуривание можно считать выполненным правильно, если соблюдается неравенство:  $\bar{C} \geq C_{\text{мин. пр}}$ . Если приведенное неравенство не соблюдается, то запасы руды оконтуренного блока или залежи относятся к забалансовым. Для того, чтобы перевести их в балансовые, нужно исключить из проведенного контура одну или несколько скважин с наименьшим содержанием никеля и вновь проверить приведенное выше неравенство. При его соответствии заданному условию оконтуривание балансовых руд можно считать завершенным.

Следующей операцией оконтуривания следует считать проведение контура забалансовых руд, включив в него скважины с содержанием никеля более 0,5 % масс.

Для вариантов оконтуривания с использованием всех скважин, нанесенных на разведочном плане (обозначены в табл. 2 символами «а» и «в»), необходимо провести дополнительный контур через крайние скважины с содержанием никеля выше бортового. Его следует провести жирной сплошной линией. Это будет контур, ограничивающий запасы категории В. При этом запасы балансовых руд между сплошной и пунктирной линиями будут отнесены к категории  $C_1$  (см. рис. 2).

Положение контура балансовых руд проводится на середине расстояния между скважинами с параметрами, соответствующими кондициям и некондиционными.

После выполнения оконтуривания необходимо произвести подсчет запасов руды и металла в контурах балансовых запасов. Затем, объединившись в группы по пять человек с одинаковыми исходными данными (а – г, см. табл. 2), студенты обмениваются итогами расчетов запасов руды и металла и строят графики зависимости запасов никеля (ординаты) от бортового содержания (абсцисса).

## **Требования к оформлению результатов работы.**

В итоге работы на разведочном плане с исходными данными каждый студент показывает штриховкой контуры развития балансовых и забалансовых руд (см. рис. 2). На поле справа указываются: кондиции, при которых производилось оконтуривание; средние содержания никеля и средние мощности руд по залежам (блокам); площади выделенных блоков и запасы руд и металла по каждому из них; график зависимости запасов никеля от бортового содержания, принятого при оконтуривании.

В вариантах с полным использованием разведочных данных (см. табл. 2) на плане выделяются площади блоков, соответствующих по разведанности категориям *B* и *C*<sub>1</sub>.

Время выполнения работы – 2 часа.

## **2. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ**

Целью предлагаемых к решению задач (задания 1-12, рисунки 3-14) является – приобретение студентами навыков проектирования оценочных работ в пределах рудоперспективных участков.

### **Порядок выполнения работы.**

1) Ознакомившись с геологической ситуацией, отображенной на бланке задания, необходимо сделать заключение о возможном геолого-промышленном типе месторождения, руководствуясь литературными сведениями [3, 4, 5]. Для отнесения оцениваемого объекта к определенному промтипу следует учитывать: форму, размеры, условия залегания выходящих на поверхность залежей полезного ископаемого; состав, условия залегания рудовмещающих пород; уровень установленных при опробовании концентраций полезных компонентов.

2) Привести примеры месторождений-эталонов. Охарактеризовать возможный минеральный и химический состав полезного ископаемого (руководствуясь рекомендованными источниками).

3) Обосновать возможную группу прогнозируемого месторождения по сложности геологического строения для целей разведки, взяв рекомендации инструкции ГКЗ [6].

4) Сформулировать задачи, решаемые при проведении оценочных работ. Уточнить их применительно к конкретной геологической обстановке.

5) Обосновать систему разведочных работ (форму, плотность разведочной сети). Нанести проектные выработки на план и отстроенные проектные геологические разрезы – 1-2 шт. (размещенные в нижней части листа – на бланке задания).

6) Наметить виды и способы отбора проб применительно к конкретному типу полезного ископаемого. Для каждого вида опробования (химического, геохимического, минералогического, технологического, технического, геофизического) обосновать цель исследования, способы отбора проб, параметры проб (сечение, длину, массу пробы). Составить схему обработки проб. Все запланированные виды исследований отразить в табличной форме.

7) Подсчитать проектные запасы полезного ископаемого по категории  $C_1$  (для отдельных блоков),  $C_2$ , а также прогнозные ресурсы по категории  $P_1$ . Ограничить проектные выработки глубиной до 100-150 м, в отдельных случаях – до 200 м (в зависимости от типа полезного ископаемого). По запроектированным выработкам предусмотреть возможные (вероятные) параметры (мощность залежи, содержание полезного компонента, объемная масса руды и т. д.). Обосновать метод подсчета запасов и выполнить его, отразив результаты в табличной форме.

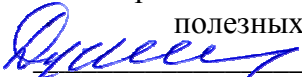
**Отчетными документами** являются графический материал и пояснительная записка к нему. На приведенной на бланке задания схематической геологической карте следует нанести проектные разведочные выработки (горноразведочные, буровые скважины), отразив номерами последовательность их проходки. Проектные выработки должны быть также нанесены и на отстроенные геологические разрезы, а также при необходимости на продольную вертикальную проекцию. На графике отразить контуры блоков проектных запасов категории  $C_1$ ,  $C_2$  и прогнозных ресурсов категории  $P_1$ . В пояснительной записке обосновать методику оценочных работ, объем аналитических исследований. Геолого-промышленную значимость оцениваемого объекта сравнить с литературными сведениями [3, 4, 5, 7]. Время выполнения задания – 6-8 часов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каждан, А. Б.* Разведка месторождений полезных ископаемых / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1977. – 327 с.
2. *Каждан, А. Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки) / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1984. – 285 с.
3. *Авдонин, В. В.* Месторождения металлических полезных ископаемых / В. В. Авдонин, В. Е. Бойцов, В. М. Григорьев [и др.]. – М.: Трикста, 2005. – 720 с.
4. *Малахов, И. А.* Промышленные типы металлических полезных ископаемых / И. А. Малахов, П. Л. Бурмако, А. П. Алексеев. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. – 209 с.
5. *Яковлев, П. Д.* Промышленные типы рудных месторождений / П. Д. Яковлев. – М.: Недра, 1986. – 358 с.
6. *Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых.* – М.: ГКЗ, 1998. – 319 с.
7. *Баранников, А. Г.* Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: лабораторный практикум с основами теории / А. Г. Баранников, А. Н. Угрюмов, Г. П. Дворник. – Екатеринбург: УГГУ, 2004. – 104 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.08 ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ  
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Для обучающихся специальности  
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация  
*Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых*

форма обучения: очная, заочная

Автор: Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ  
*наименование кафедры*  
Протокол № 1 от 08.09.2022 г  
*Дата*

Екатеринбург

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины (модуля) Лабораторные методы изучения минерального сырья, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы, интернет - источников.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, включая курсовую работу.

## **I. КУРСОВАЯ РАБОТА**

**Целью курсовой работы является** закрепление и развитие теоретических знаний студентов по дисциплинам «Кристаллография», «Кристаллохимия», «Минералогия», «Петрография», «Геохимия», «Лабораторные методы изучения минерального сырья».

**Задачи** курсовой работы заключаются в:

- приобретении практических навыков проведения лабораторных исследований вещественного состава и строения минеральных индивидов и агрегатов, горных пород, руд, технологических продуктов и иных природных и аналогичных им технических минеральных материалов;

- планировании и организации петрографических, минералогических и геохимических исследований.

- освоении методов обработки, интерпретации и представления результатов исследования.

Основные этапы выполнения курсовой работы:

1. Получение задания на курсовую работу .
2. Выбор направления исследований с учётом специфики имеющихся материалов и задач, полученных в рамках учебных, производственных практик или научно-исследовательских работ, в которых принимал участие студент. Определение цели исследования, выбор задач, решение которых предполагается посредством применения определённых лабораторных методов исследования. Планирование хода работ.
3. Отбор образцов для анализа и подготовка аналитических препаратов. Сбор необходимой графической и текстовой информации из фондовых и литературных источников.
4. Выбор метода или комплекса методов исследования.
5. Проведение исследований, обработка и интерпретация полученных результатов.
6. Подготовка к представлению материалов и защите.

### Исходные данные для выполнения работы

Как правило, первичные материалы для курсовой работы формируются в процессе работ на производственной практике. Их состав определён соответствующими методическими указаниями [1].

Основой для исследований служат образцы и лабораторные пробы, которые представляют собой моно- или поликомпонентный плотный (штуфной, крупнокусковой), рыхлый, сыпучий природный или техногенный материал.

Образцы и пробы должны быть представительными, пронумерованными, иметь пространственную, а при необходимости и временную, привязку. Сведения о пробах фиксируются в специальном списке (каталоге) и на схеме отбора проб (карте фактического материала). Крайне важно, чтобы первичные материалы были отобраны



таким образом, чтобы их вещественный состав и количество вещества позволяли решить поставленную исследовательскую задачу с помощью планируемых и имеющихся в наличии методов исследования.

Для успешного выполнения курсовой работы студент должен получить максимум информации из картографических, литературных и фондовых источников, результатов предыдущих исследований, использовать дополнительные материалы (образцы, шлифы и пр.). Оценка изученности и особенностей объекта невозможна без собранных заранее текстовых и графических материалов.

Текстовый материал включает личные наблюдения (полевой дневник, зарисовки и фотографии) и заимствованные данные. К графическим материалам относятся копии карт, разрезов, схем, диаграмм. Графика общего назначения показывает местоположение объекта, характеризует его геологическую позицию или технологию производства, либо состояние природной и техногенной сред.

#### Организация работы

Собранный студентом во время первой производственной практики геологический материал защищается перед комиссией по приёму полевых материалов. Комиссия определяет направление исследований, которое может быть реализовано на базе имеющегося фактического материала.

Руководитель курсовой работы уточняет тему и формулирует задание курсовой работы, помогает составить программу работ, определить методы и объёмы необходимых и достаточных для решения поставленной задачи исследований, способы обработки и интерпретации получаемых аналитических данных, а также консультирует студента по ходу исследований и контролирует исполнение работы.

**Законченную и оформленную курсовую работу студент передаёт руководителю работы для контроля не позднее, чем за две недели до окончания занятий в семестре.** Основная часть текста работы должна базироваться на результатах применения студентом лабораторных методов исследования.

## **2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ**

Тема курсовой работы определяется типом объекта, его изученностью, а также актуальностью ожидаемых результатов исследования. Типы объектов курсовой работы могут быть объединены в три группы:

*Геологическая группа* объектов разного масштаба исследуется для решения научных и производственных геолого-минералогических задач на разных стадиях поисковых и геологоразведочных работ.

*Технологическая и техническая группа* объектов изучается для решения производственных, технологических, технических и экономических задач в периоды планирования и работы горных и горно-обогатительных предприятий, а также для оценки новых видов сырья и экспертизы проб специального назначения. Объектами являются подготовленные к отработке и отвальные горные массы, продукты рудоподготовки, обогащения, других видов технологического передела сырья и отходы.

Успешное выполнение курсовой работы зависит от правильного выбора методов лабораторного изучения вещества. В результате полученного в рамках курсовой работы опыта студент должен научиться выбирать комплекс методов, с помощью которых он может получить необходимые результаты быстро, самостоятельно и с минимальными экономическими затратами.

Название курсовой работы должно кратко и понятно отражать задачи проведённого исследования, непосредственно изучаемый вещественный объект (минеральный вид, горная порода и пр.) и целевой объект (конкретное геологическое тело, месторождение или территорию, природный или техногенный процесс и т.п.).

#### **Примерный перечень возможных тем курсовых работ:**

- Вещественный состав руд месторождения (проявления).

- Гранулометрический и морфометрический состав обломочных осадочных пород как индикатор условий осадконакопления.
- Петрографическая характеристика вмещающих пород месторождения
- Элементный состав минерала (породы) как генетический и поисковый индикатор.
  - Текстурно-структурные особенности и минеральный состав руд месторождения (проявления).
  - Структуры распада в рудном минерале из различных генетических и технологических типов руд.
  - Околорудные метасоматиты ..... месторождения.
  - Геохимические ассоциации элементов как основа для минералого-петрологической классификации метаморфизованных пород рудного поля (по данным геолого-геохимического картирования масштаба 1:10 000).
  - Минеральный и элементный состав руд и его влияние на показатели обогащения.
  - Минералогический анализ технологических сортов бокситов методами рентгенографии, термографии и спектроскопии.
  - Изучение соотношения Fe/Mg и Fe/Mn в сидеритовых рудах и продуктах ГОКа методом термического анализа.
  - Характеристика вещественного состава глин, обработанных реактивами для повышения качества сырья.
  - Изменчивость минерального состава донных отложений (по данным шлихо-геохимического картирования масштаба 1:10 000) и т.п.

## **СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Типовой состав пояснительной записки к курсовой работе:

- ◆ Титульный лист (подписывается студентом и научным руководителем).
- ◆ Аннотация и библиографические данные работы на русском и иностранном языке (английский, французский или немецкий).
- ◆ Задание на курсовую работу (подписывается научным руководителем).
- ◆ Оглавление.
- ◆ Перечень условных знаков и сокращений (приводятся лишь в случае их использования более трёх-пяти раз).
  - ◆ Введение.
  - ◆ Основная часть (разделы и подразделы текста с иллюстрациями и таблицами).
  - ◆ Заключение.
  - ◆ Библиографический указатель (см. приложение).
  - ◆ Перечень внутритекстовых таблиц (если требуется).
  - ◆ Приложения в виде таблиц (если имеются).
  - ◆ Перечень графических приложений (если требуется).
  - ◆ Графические приложения (если имеются).

В оглавлении перечисляются названия разделов и подразделов основной части с указанием номера начальной страницы.

Во введении сжато излагаются сведения о районе и объекте, происхождении изучаемых образцов (проб), формулируются актуальность, цель и задачи работы, новизна и прикладное значение авторских исследований.

Содержание основной части зависит от темы курсовой работы. Основные разделы приводятся в следующей последовательности.

1. *Общая характеристика изучаемого объекта* (или описание данной фундаментальной либо прикладной проблематики) и состояние исследований в виде реферативного анализа и обобщения работ предшественников и (если имеется) собственного задела. Обязательно тщательное цитирование и отсутствие пропусков в обзоре различных точек зрения, вкладов различных авторов и т.п. Объем раздела 3-5 стр.).

2. *Теоретические основы используемых подходов и методов*. В краткой форме излагаются аспекты, касающиеся решения конкретных задач, поставленных в рамках данной работы.

3. *Методика исследований*. Общую последовательность организации работ целесообразно представить в виде блок-схемы, на которой указывают состояние (класс крупности и т.п.) и масса пробы, характер анализируемого препарата, процедуры пробоподготовки, виды аналитических методов, контрольные измерения и т.п.

Методику изучения описывают для каждого метода анализа в отдельности. Указывают все процедуры подготовки аналитического препарата, приводят точные описания моделей приборов, режима работы и настроек аналитического оборудования таким образом, чтобы позволить независимому исследователю провести идентичную работу для проверки полученных результатов. При написании методического раздела студент должен получить исчерпывающую информацию от начальников аналитических лабораторий и операторов о характеристиках использованных в работе приборов и оборудования.

4. *Описание фактического материала* (образцов, проб), использующегося в работе. Приводят карту фактического материала, документацию места (при необходимости – времени) опробования.

5. *Результаты исследования* (отдельно для каждого метода исследования приводят результаты наблюдений, измерений и расчётов, приводят возможные варианты их интерпретации). Объем раздела 10-12 стр.).

6. *Интерпретация результатов работы* (5-10 стр.). Здесь обсуждают и сопоставляют данные, полученные всеми методами исследования, заключительные выводы приводят в кратких конкретных формулировках.

Разделы 5 и 6 являются ключевыми для оценки всей курсовой работы со стороны приёмной комиссии, поскольку содержат результаты персональной работы автора и представляют собой оригинальный авторский текст с минимумом цитирования. Студент демонстрирует в этих разделах уровень своей квалификации как специалиста, полученной в итоге всего предыдущего процесса обучения.

В *Заключении* (1-2 стр) должны быть кратко охарактеризованы авторские достижения, основные результаты работы и нерешённые проблемы. Отдельно можно привести благодарности частным лицам и организациям, способствовавшим осуществлению работы. Если работа автора финансировалась, обязательно приводят перечень источников поддержки.

## ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Оформление курсовых работ регламентируется общегосударственными стандартами для отчётов о научно-исследовательской работе и стандартами организаций. Учёт требований стандартов обязателен. Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графических приложений. Текстовый материал сброшюровывается. Объем пояснительной записки к курсовой работе, как правило, не должен превышать 25-30 страниц. Крупноформатные приложения (карты, плакаты и т.п.) представляют в рулоне

или вкладывают в папку. В этом случае брошюру и папку с графикой обозначают как первый и второй тома. Текстовый материал печатают на принтере на белой бумаге формата А4 (210 × 297 мм). Нумерация страниц – сквозная, **причем титульный лист и страница с аннотацией не нумеруются, но в количестве страниц учитываются**. Номер 3 присваивается странице с оглавлением. Номер страницы печатается в правом верхнем углу без точки. Текст пояснительной записки делят на разделы, которые имеют собственные заголовки и номера (1, 2 и т.д.). Внутри разделов можно выделять подразделы с самостоятельными заголовками и номерами (2.1., 2.2., 2.3. и т.д.). Более дробное членение текста не рекомендуется.

**Обязательны ссылки на литературные и фондовые источники** (см. приложение), иллюстрации, таблицы и графические приложения. Ссылки помещают в скобки с указанием соответствующего номера: [11], (рис. 3), (табл. 6), (прил. 2). Формулам присваивают порядковые номера, например, формула (4). Иллюстрации и внутритекстовые таблицы помещают на следующей после первого упоминания странице. Иллюстрации размещают (печатное исполнение, вклеивание) на одной стороне листа; для таблиц допускается двусторонняя печать. Рисунки и таблицы нумеруются. Формат иллюстративных материалов не может превышать 210 × 297 мм. Иллюстрациями являются схемы, зарисовки, чертежи или фотографии. Принимаются фотографии, ксерокопии и фотографические копии; допускается многоцветность оригинала, раскрашивание или нанесение ретуши и условных знаков. Под каждым рисунком помещают исчерпывающую подрисуночную надпись (номер, название, условные знаки и т.д.). Перед названием таблицы указывают её номер в правой надтабличной части листа (Таблица 1). Перенос таблицы на следующую страницу сопровождается надписью «Продолжение (окончание) табл. 1», головка («шапка») таблицы повторяется. Пояснительная записка подписывается автором и руководителем работы.

В приложения выносят аналитические и фактологические материалы информационно-поясняющего и дополняющего характера, которые не являются необходимой доказательной составляющей текста.

Приложения (рисунки или таблицы) нумеруют арабскими цифрами с добавлением перед номером приложения прописной буквы «П» (Рис. П.1, Табл. П.1. и т.д.). Каждую таблицу приложения размещают на отдельной странице, формат таблицы не должен превышать 297 × 420 мм. Графическое приложение – единый чертёж, фотография или композиция из нескольких предметов, выполненная на листе (чертёжная бумага, восковка) формата не менее 400 × 600 мм. Графические приложения объединяют картографические материалы, сводные таблицы, защищаемые генетические и другие схемы, важные иллюстративные крупноформатные материалы и т.д. Из требований по оформлению графических материалов важны следующие:

- необходимо рамочное оформление листов с внутрирамочным размещением материалов. Нумерацию листов выполняют надписью «Приложение 1», которую располагают в правой верхней части надрамочного пространства;

- во внутрирамочном пространстве обязательны к исполнению название (заголовки) материала, легенда (условные знаки и пояснения) и штамп формата 120 × 60 мм, который помещают в правой нижней части;

- безусловно, необходимо указание авторства, год авторского исполнения, а при необходимости – указание ориентировки и масштаба; – допустимо многоцветное тоновое или штриховое оформление;

– картографическая графика масштаба 1:25 000 и мельче обязательно выполняется в строгом соответствии с существующими инструкциями и требованиями.

Список использованной литературы составляется в алфавитном порядке по фамилии авторов или (для сборников и коллективных монографий) по названиям изданий. Первым приводится список опубликованной литературы (вначале русскоязычные, затем иностранные источники), включая учебники, учебные и методические пособия, затем – фондовых материалов. указывается

**Для книг** указывается: автор (фамилия, инициалы) – Точное и полное название.- Сведения о повторности издания.- Точное место издания (Москва – М, С.- Пб – Санкт-Петербург; остальные города – полностью).- Издательство, год издания. – Количество страниц (например, «180 с.»).

Если книга имеет не более 3 авторов, указываются все авторы или первый, после чего ставится «и др.». Если авторов более трех, то оформление литературного источника возможно двумя способами: или указанием первых трех авторов с добавлением «и др.», или вначале приводится название книги, после него через разделительную черту (/) – просто пишется «кол. авторов», далее – так же как описывается книга одного автора.

**Для статьи из журнала** указываются: Автор(ы) (фамилия, инициалы). Название статьи.- Название журнала (без кавычек), год, номер, страницы статьи (например, «с. 1-22»).

**Для фондовой литературы** (отчетов) указываются: Название отчета: Организация, представляющая отчет: Научный руководитель темы (инициалы, фамилия).- Шифр работы; Номер государственной регистрации; Инв. №... - Место написания, год.- Количество страниц.

Примером оформления списка литературы может служить список, приводимый в настоящей методической разработке.

Ссылки на использованные литературные источники в тексте курсовой работы могут быть сделаны двояко: либо указанием в круглых скобках фамилия автора (без инициалов) и года издания (например, «(Коржинский, 1972)»), либо указанием в квадратных скобках порядкового номера работы в приводимом списке литературы («[10]»).

#### РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

##### Основная литература:

Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ /А. И. Гинзбург, В. И. Кузьмин, Г. А. Сидоренко. М.: Недра, 1981. 239 с.

Григорьев Д. П., Жабин А. Г. Онтогенез минералов. Индивидуумы. М.: Наука, 1975. 339 с.

Изоитко В. М. Технологическая минералогия и оценка руд. СПб.: Наука, 1997. 582 с.

Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов / Под ред. Г. В. Остроумова. М.: Недра, 1979. 400 с.

Методы минералогических исследований: Справочник. / Под ред. А. И. Гинзбурга. М.: Недра, 1985. 480 с.

Павлова Л. А. и др. Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ природных объектов. Новосибирск: Наука, 2000. 224 с.

Методические рекомендации по геолого-геохимическому изучению гидротермально-метасоматических образований при ГСР-50 с общими поисками / Е. В. Плющев, В. В. Шатов, Г. М. Беляев. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. 64 с.

Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых/ А. П. Соловов, А. Я. Архипов, В. А. Бугров и др. М.: Недра, 1990. 335 с.

Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследований: Справочник / Под ред. П. Е. Остапенко. М.: Недра, 1990. 263 с.

Типоморфизм минералов: Справочник / Под ред. Л. В. Чернышевой. М.: Недра, 1989. 559 с.

Эшкин В.Ю. Поисковая минералогия и минералогическое картирование: Учеб. пособие / Ленинградский горный ин-т. Л.: 1989. 86 с

Дополнительная литература:

Бергер М. Г. Терригенная минералогия. М.: Недра, 1986. 227 с.

Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2005. 144 с.

Оптимальный выбор методов изотопно-геохронологических и изотопно-геохимических исследований. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 48 с.

Сает Ю. Е., Онищенко Т. Л., Янин Е. П. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям рудных месторождений при проведении геологоразведочных работ по оценке воздействия на окружающую среду горнодобывающих предприятий. М.: ИМГРЭ, 1986. 99 с.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»,  
НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - Режим доступа: <http://window.edu.ru>
- Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон.дан. – М., 2013- . URL: <http://www.biblio-online.ru>.
- Официальный ресурс Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН) [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – М., 2016

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Специальность  
**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация № 1  
**Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых**

Автор: Малюгин А. А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры

геологии поисков и разведки МПИ

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Душин В. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 23.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией  
факультета

геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Бондарев В. И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

## 1. Направления и тематика лабораторных занятий

В настоящее время, впрочем, как и раньше, перед обучающимися стоит задача освоения методик и приобретения навыков в изучении проб и образцов горных пород и руд, привозимых с производственных и учебных практик для выполнения ими курсовых и выпускных квалификационных работ. Основное внимание при этом концентрируется на выявлении особенностей минерального и химического (в том числе микрохимического) состава проб и образцов, их структурно-текстурных особенностей, выявление и определение характера вторичных (метаморфических, метасоматических и гипергенных) изменений, физико-механических и прочих свойств.

В рамках учебной программы по дисциплине «Лабораторные методы изучения минерального сырья» на практических занятиях, на которые выделяется сравнительно немного времени (60 часов) студент-геолог должен кроме навыков работы с веществом научиться правильной подготовке проб к аналитическим исследованиям, их проведению, систематизации и оформлению полученных им результатов, а также - последующей их интерпретации. Необходимо также уметь формулировать задачи исследований, обобщать полученные результаты и делать выводы.

Основными методами, позволяющими решать эти учебные задачи в рамках практических занятий являются: 1) минералогический анализ шлиховых проб (концентратов) и протолочек, 2) минераграфическое изучение руд в отраженном свете, 3) химический анализ пород и минералов. Кроме того на практических занятиях отводится время для работы с результатами спектрального и химического анализов.

## 2. Минералогический анализ шлихов и концентратов

Как и любой другой метод исследований минерального вещества минералогический (шлиховой) анализ осуществляется в три этапа: подготовка пробы (проб) к анализу, собственно анализ проб и расчет минерального состава.

**Подготовка пробы** к анализу производится путем ее разделения на классы и фракции по размерности (гранулометрический состав) зерен минералов, слогающих шлик, их плотностным (легкая и тяжелые фракции) и магнитным (немагнитная, магнитная и 2-3 парамагнитные фракции) свойствам [33,34]. Такое фракционирование минералогической пробы по разным свойствам минералов, позволяет существенно ускорить выполнение задачи исследований и облегчить определение минералов, а также последующие расчеты содержания ценных и попутных минеральных компонентов.

Порядок разделения пробы на указанные выше фракции обычно представляется следующим:

- 1 – взвешивание исходной пробы (шлиха);
- 2 – квартование («методом кольца и конуса») - разделение пробы на две части: лабораторную и дубликат;
- 2 – разделение пробы в тяжелой жидкости (бромформ;  $\rho = 2,65-2,8 \text{ г/см}^3$ ) с выделением легкой ( $\rho < 2,8 \text{ г/см}^3$ ) и тяжелой ( $\rho > 2,88$ ) фракций, и последующее взвешивание фракций);
- 3 – разделение тяжелой фракции по магнитным свойствам минералов: магнитная, 1-я и 2-я парамагнитные и тяжелая немагнитная. Взвешивание фракций.

Схема фракционирования шлиховых проб и концентратов представлена рис. 1.



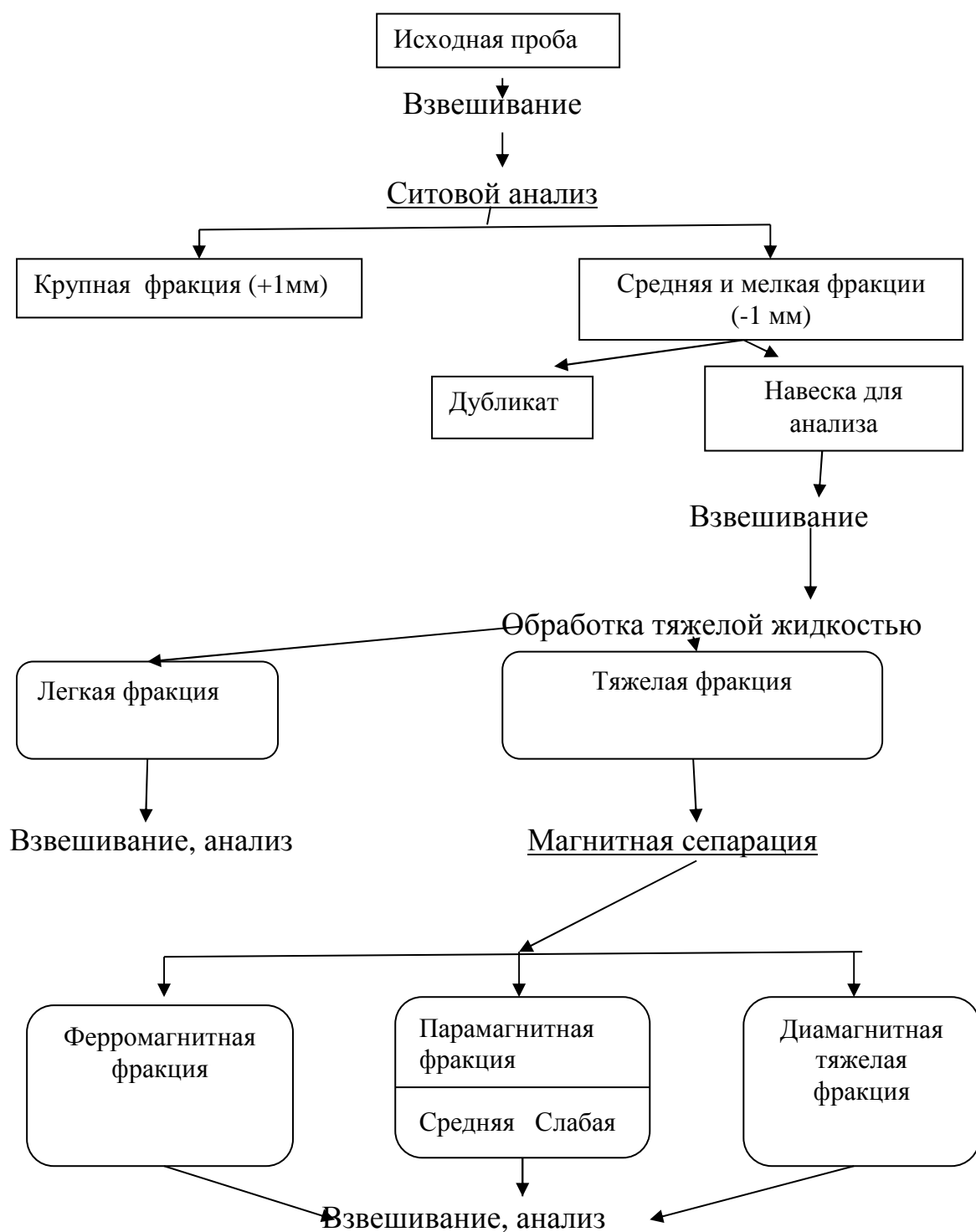


Рис. 1. Схема фракционирования шлиховых проб (по Е.М. Захаровой [ 10 ].

При фракционировании пробы по магнитным свойствам пользуются легкими малогабаритными лабораторными магнитами (рис. 2).



Рис. 2. Малогабаритные лабораторные магниты: постоянный магнит Сочнева (слева) для выделения минералов парамагнитных (электромагнитных) фракций, справа - обычный магнит – «стакан» для отделения ферромагнитных минералов.

В случае получения тяжелой немагнитной в большом объеме рекомендуется сократить ее, используя дополнительно тяжелые жидкости с большей плотностью – йодистый метилен ( $\rho = 3,3 \text{ г/см}^3$ ), или жидкость Клеричи ( $\rho = 4,3 \text{ г/см}^3$ ). Могут быть использованы и другие виды ТЖ – жидкость Туле ( $\rho = 3,19\text{-}3,20 \text{ г/см}^3$ ), жидкость Клейна ( $\rho = 3,6 \text{ г/см}^3$ ) или жидкость Клеричи ( $\rho=4,27\text{-}5,0 \text{ г/см}^3$ ). Кроме того, в арсенале минералогической лаборатории могут иметься и специальные тяжелые сплавы с плотностью более 4,0: азотнокислое серебро ( $\rho = 4,1 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $+198^\circ\text{C}$ ), азотнокислая закись ртути ( $\rho = 4,1 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $+70^\circ\text{C}$ ) или хлористый свинец ( $\rho = 5,0 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $+490^\circ\text{C}$ ).

Разделение тяжелой жидкостью можно производить несколькими способами: в фарфоровой чашечке, в делительных воронках или центрифугированием. После разделения в тяжелой жидкости легкая и тяжелая фракции промываются спиртом и просушиваются в сушильном шкафу (под вытяжкой).

По окончании фракционирования пробы (проб) приступают к определению минералов в каждой из выделенных фракций. Каждую фракцию отдельно просматривают под биноклем (рис. 3.3) и присутствующие во фракции минералы определяют по внешнему виду, плотности, оптическим и химическим свойствам. Большую помощь при диагностике минералов оказывает сравнение их с имеющейся в лаборатории кафедры ГПР МПИ эталонной коллекцией заведомо известных минералов шлихов (рис.3).



Рис. 3. 1. Бинокулярный микроскоп МБС – 1.



Рис. 3.2. Эталонная коллекция шлиховых минералов

Для определения минералов используются также методы люминесценции, спектрального, рентгенометрического, рентгено-структурного изучения и определения радиоактивности минералов, микрохимические реакции. Непрозрачные минералы иногда исследуют и в отраженном свете.

Визуальная диагностика минералов производится, в основном, по следующим главным их физическим свойствам: габитусу кристаллов, форме зерен и сростков, их прозрачности, окраске, цвету черты, блеску, твердости, наличию (отсутствию) спайности, штриховке, по продуктам вторичных изменений.

Кроме бинокулярного микроскопа (типы МБС-1, МБС-9, МБС-10) для определения минералов необходимы предметное стекло, иглы стальная и медная (для магнитных и мягких минералов), лезвие бритвы, кисточка мягкая, игла с плоским слегка загнутым наконечником («давилка»), паяльная трубка, спиртовка, набор иммерсионных жидкостей (для определения показателей преломления), набор кислот и реактивов (для микрохимической диагностики).

В таблице 3. 2 приводится перечень наиболее часто встречающихся в шлихах минералов и их распределение по фракциям.

Таблица 3.2

### Распределение минералов по фракциям

Фракции шлиховых проб, протолок и концентратов				
Легкая	Тяжелая			
	Ферромагнитная	I парамагнитная	II парамагнитная	Тяжелая немагнитная
Кварц	Магнетит	Ильменит	Гроссуляр	Циркон
Полевые шпаты	Титаномагнетит	Гематит	Тремолит	Рутил
Мусковит	Железо самородное	Гетит	Диопсид	Апатит
Кальцит	Пирротин	Хромит	Эпидот	Андалузит
Берилл	Платина железистая	Гранаты	Цоизит	Кианит (дистен)
Каолинит		Амфиболы	Ставролит	Корунд
Глауконит		Пироксены	Титанит	Рубин
		Вольфрамит	Турмалин	Топаз
			Монацит	Касситерит

			Ксенотим Пирохлор Оливин Хлориты Сфалерит Пирит Шпинель Ортит	Шеелит Барит Флюорит Киноварь Аурипигмент Пирит Галенит Халькопирит Арсенопирит Золото Платина Осмириды Алмаз
--	--	--	--	---

Кратко рассмотрим основные физические свойства минералов и некоторые простые приемы их выявления.

### 2.1. Визуальные методы диагностики минералов

Габитус кристаллов определяется преобладающим развитием тех или иных простых форм. В шлихах целые кристаллы встречаются относительно редко, но они, их обломки, слабо окатанные кристаллы являются важным диагностическим признаком минералов. По габитусу различают кристаллы *призматические* (кварц, турмалин, рутил и т.д.), *столбчатые* (турмалин, берилл и др.), *таблитчатые* (ильменит, гематит, титанит), *дошчатые* (), *пластинчатые* (гематит, слюдястые минералы, осмириды), *изометричные* (группа граната, магнетит, шпинель, хромшпинелит, золото, платина). По характеру поверхности граней выделяют кристаллы *гладкие*, *ямчатые*, *ступенчатые*, *штрихованные* [12, 34].

Зерна и сростки минералов в шлихах различаются по форме, размером, степени сохранности и окатанности. Форма зерен зависит от спайности или характера излома. В протоочных пробах этот диагностический признак проявляется плохо и как руководящий при определении минералов «срабатывает» плохо. Об этом следует помнить и следует опираться на другие особенности минералов.

Прозрачность минерала под биноклем устанавливают в ненарушенных зернах по их просвечиванию или по характеру порошка – у прозрачных минералов порошок обычно белый или светлоокрашенный, у непрозрачных – темный, совершенно не просвечивающий.

Цвет (окраска) минералов определяется химическим составом минерала или присутствием элементов-примесей. Он бывает самым различным, пород даже у одного минерала (пример, гранаты, минералы группы кварца, самородное золото). Для некоторых минералов цвет является постоянным (устойчивым) признаком (пирит, халькопирит, киноварь и др.). при определении цвета минералов различают окраску, свойственную самому минералу, и окраску, связанную с загрязнением зерен – налеты, пленки гидроокислов Fe, Mn, вторичных минералов.

Блеск для мелких зерен, обычных в шлиховых пробах из токозернистых минеральных образований (пески, алевроиты, глины) лучше наблюдать под биноклем. Различают минералы с *металлическим* (самородные металлы, окислы, сульфиды), *полуметаллическим* (или *металлоидным*), *алмазным* (алмаз, сфалерит), *жирным* (слюды), *смолянистым* (уранинит), *стеклянным* блеском (кварц, касситерит, шпинель).

Твердость определяют для минеральных зерен размером не менее 0, 5 мм, прочерчивая зернами по стеклянной пластике (предметному стеклу) или по пластинкам минералов набора по шкале Мооса. *Чем тверже минерал, тем тоньше и глубже получается черта.* Твердость определяют также, раздавливая минеральные зерна на

предметном стекле стеклянной палочкой или плоской частью пинцета по силе нажима, звуку растрескивания и характеру нарушения стекла. По этим признакам твердости минералы грубо разделяют на *мягкие*, *средние* и *твердые*. Первые рассыпаются беззвучно при легком нажиме и без следов нарушения на стекле (твердость меньше 3). Вторые раздавливаются с заметным усилием, с глухим звуком, но без следов нарушения стекла (твердость 3-5). Третьи раздавливаются при очень большом усилии, с резким звуком и оставляют на стекле следы разрушения – каверны, царапины, сколы (твердость 6 и больше).

Черта минералов определяется по цвету тонкого порошка, оставленного при раздавливании зерен на фарфоровом бисквите. Наблюдение проводится под биноклем, причем одновременно устанавливается характер распределения окраски в минеральных зернах и степень их прозрачности. Для проведения черты зерно минерала вдавливается в тупообразный конец спички, затем проводится черта на фарфоровом бисквите.

Спайность, как известно из курса «Минералогия» - это свойство кристаллов раскалываться по плоскостям, параллельным действительным или возможным граням. В зависимости от резкости проявления этого свойства различают спайность *весьма совершенную*, *совершенную*, *среднюю*, *несовершенную* и *весьма несовершенную*. Спайность – важный диагностический признак многих минералов – слюд, амфиболов, пироксенов, карбонатов, полевых шпатов и других.

Излом – форма поверхности, образующаяся при раскалывании минералов, не обладающих спайностью. Излом обусловлен особенностями физических свойств минерального вещества и иногда является характерным диагностическим признаком. В минералах различают излом *раковистый*, *мелкораковистый*, *крючковатый*, *ровный*, *зернистый*, *шероховатый*, *неровный*, *ступенчатый*.

Продукты вторичного изменения затрудняют определение минералов шлиха. Однако о первичном составе пробы позволяют судить характерные формы полных псевдоморфоз вторичных минералов (псевдоморфозы оксидов железа по пириту, каолинита – по полевым шпатам, хлорита – по биотиту и др.), а также реликты исходного минерала в агрегате вторичных изменений (ильменит в лейкоксене, галенит в церрусите и т.п.). В приложении 1 приведены диагностические признаки наиболее частых минералов шлихов [34].

Люминесценция минералов – это способность и светиться под действием ультрафиолетовых, рентгеновских и катодных лучей. Свечение бывает различным по окраске и интенсивности. Оно зависит от характера примесей в минерале (их элементном составе и позиции в кристаллической решетке). К химическим элементам, вызывающим люминесценцию (свечение), относятся редкоземельные металлы, марганец, хром, уран и др. Люминесцентный анализ используется при диагностике алмаза, шеелита, циркона, флюорита, апатита и других минералов.

В качестве источника ультрафиолетовых лучей чаще всего используют осветитель ОИ-18 с фильтром УФС-3 (рис.3.5).



Рис. 3.5. Лабораторный люминоскоп

Применяется также люминесцентный стереоскопический микроскоп ЛЮСАМ-Р1, прибор «Шеелит - 2» и другие. Для катодного и рентгеновского люминесцентного анализов применяют катодные (УКЛ-1) и рентгеновские приборы различных конструкций.

## 2.2. Определение минералов по оптическим свойствам

Данный вид диагностики выполняется чаще всего с применением иммерсионного метода, позволяющего проводить определение оптических свойств минеральных зерен, помещаемых в оптически изотропную среду (каплю препарата) с определенным показателем преломления – метод также хорошо известный в минералогии и петрографии.

Для приготовления иммерсионного препарата небольшое зерно минерала помещают на предметное стекло и, осторожно надавливая другим стеклом, дробят на мелкие кусочки. Затем под покровное стекло впускают каплю жидкости с определенным показателем преломления. Полученный иммерсионный препарат переносят на столик микроскопа и изучают оптические свойства минерала.

При определении показателей преломления пользуются набором иммерсионных жидкостей с определенными показателями преломления и с помощью эффекта Бекке подбирают жидкости с показателем  $n_1$  и  $n_2$ , близким к  $n$  изучаемого (определяемого) минерала. Обычно опытный минералог предварительно предполагает, с каким минералом (или группой минералов) он «имеет дело», и подбор иммерсионной жидкости не занимает много времени. Поэтому такая операция не занимает много времени, но в тех случаях, когда речь идет о редких и особенно ценных рудных минералах, приходится работать максимально аккуратно и точно.

Для удобства определения минералов шлихов по их оптическим свойствам составлены таблицы, в которых минералы расположены по величинам показателей преломления. Такие таблицы имеются во всех минералогических и технологических лабораториях предприятий геологического профиля.

## 2.3. Микрохимические реакции

В случае неоднозначности определения минералов на основании его физических свойств необходимо применять простейшие химические реакции, описание которых имеется в руководствах по шлиховому анализу (Копченова, 1979; Кухаренко, 1967). В настоящем пособии мы ограничимся описанием некоторых, так называемых плёночных реакций:

1) Реакция на вольфрам (для шеелита). В фарфоровую чашку насыпается часть исследуемой фракции, заливается 1-1,5 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислоты (HCl) и нагревается до кипения над пламенем спиртовки в течение 3-5 минут. Затем кислота удаляется пипеткой и той же пипеткой для обесцвечивания раствора дважды производится промывка шлиха. После того, как промывная вода будет удалена пипеткой, шлик просматривается под бинокляром. При наличии в нем зерен шеелита последний резко выделяется среди других минералов пробы своим серо-желтым налетом (пленкой) трехокси вольфрама на поверхности зерен. Контрольная реакция производится путем прикосновения железной (оловянной или цинковой) иглой к зерну шеелита, причем серо-желтый налет в течение 1-2 секунд сменяется индигово-синим или иссиня-черным (образуется соединение W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). В результате реакции зерна шеелита настолько четко выделяются, что могут быть легко пересчитаны.

2). Реакция на получение «оловянного зеркала» - определение касситерита (SnO<sub>2</sub>).

Шлик насыпается тонким (в одно зерно) слоем на цинковую пластику и заливается концентрированной соляной кислотой. По окончании вскипания, сопровождающегося шипением, шлик переносят в фарфоровую чашечку и подвергают его просмотру под бинокляром. В случае присутствия зерен касситерита, последние покрываются сверху тонкой серой пленкой металлического олова (оловянное зеркало) и становятся ясно различимыми среди массы остальных зерен шлиха.

3). Определение некоторых свинцовых минералов из зоны окисления (церуссит, вульфенит, ванадинит, пироморфит) также производится на цинковой пластинке с соляной кислотой. На пластинку помещают испытуемое зерно и заливают каплей концентрированной HCl. На свинцовых минералах появляется пленка металлического свинца.

4). Свинцовые минералы также определяют путем погружения их в водный раствор иодистого калия (KI) с получение в итоге окрашенных пленок. Следует иметь в виду, что реакция KI с англезитом происходит на холоду (т.е. без нагревания) с образованием золотисто-желтой пленки двуиодистого свинца (PbI<sub>2</sub>). Такие минералы, как церусси, вульфенит, ванадинит, пироморфит подвергают предварительной обработке на холоду серной кислотой в соотношении 1:1, чтобы получить на них пленку сульфата свинца. Затем эта пленка в водном растворе иодистого калия образует золотисто-желтую пленку двуиодистого свинца.

5). Определение танталита, колумбита и ильменита производят следующими способами. Шлик, в котором предполагается наличие *тантало-ниобатов*, засыпают фарфоровый тигель, заливают крепкой (разбавленной) серной кислотой и кипятят до появления белых паров, при этом на поверхности зерен определяемых минералов появляется характерная сетчатая пленка белесого или грязновато серовато-)-белого цвета. (Образование сетчатой пленки происходит по двум системам трещин спайности, пересекающихся под прямым углом). *Ильменит* при таких же условиях приобретает тонко-шероховатую поверхность с равномерной серой окраской с характерным фиолетовым оттенком.

Все определенные минералы должны быть описаны, что желательно делать по единому плану. В описании указывается название минерала, размер зерен, форма зерен, твердость, блеск, цвет, прозрачность, черта, окатанность, наличие включений (и их состав), окатанность.

После проведения минералогического анализа необходимо произвести количественную оценку ценных минералов, т.е. определить их содержание в шлихе (протопочке). Это можно сделать для всех минералов, обнаруженных в пробе, или рассчитать содержания только для ценных минералов (например, золото, платина, касситерит, киноварь, циркон,

монацит, вольфрамит и т.п.). Результаты минералогического анализа (без описания характеристик минералов) заносятся в специальный формуляр (табл. 3.3), в котором также фиксируются: номер пробы, сведения о месте отбора пробы, вид анализа, начальный вес пробы, вес анализируемой навески и составляющих её фракций и другая информация.

Таблица 3.3

Формуляр для записи результатов минералогического анализа шлиховых и протолочных проб

Организация Заказчик <i>УГПП</i>		№ пробы <i>12</i>		<i>Ш-</i>		Глубина (интервал) отбора пробы <i>1,5-1,75 м</i>			
Карта минералогического анализа									
Название породы <i>песок среднезернистый с гравием</i>					Вид анализа <i>полный полуколичественный</i>				
Вес пробы	Вес навески пробы	Объем промытой породы		Вес шлиха	Вес навески шлиха	Вес тяжелой фракции	Вес легкой фракции.		
Минералы	Фракции						Класс - 0,05 мм	В % к шлиху	Выход минералов (г/м <sup>3</sup> )
	Магнитная	I парамагн	II парамагн	немагнитная	+0,5 мм	легкая			
	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г		
	<i>10,59</i>	<i>8,6</i>	<i>14,0</i>	<i>00,55</i>	<i>20,7</i>	<i>30,0</i>	<i>0,5</i>		
Магнетит	1100							39,8	
хромит	езн								
Гранат	езн	40	1		8			75,9	
Ильменит		23	еез		10			45,0	
Хлорит		ез							
пирит			ерз	ез					
Золото				12 зн				После взвешивания 25 мг/м <sup>3</sup>	

2.4. Определение процентного содержания ценных минералов



Примерная количественная характеристика минералов шлиха определяется при его изучении под бинокляром. Обычно для количественного определения минералов шлих разделяют на ситах. Из крупных фракций минерал отбирают под бинокляром и взвешивают, а в мелких классах определяют его процентное содержание путем подсчета числа зерен минерала, встречающихся среди 800 – 1000 зерен фракции. Подробно эта методика описана в специальных руководствах [15, 18].

Для быстрого приближенного количественного определения минералов, особенно в полевых условиях, можно использовать объемно-весовой метод [12]. Из тяжелой (или электромагнитной) фракции выделяют 4-5 тонких полосок шлиховых минералов длиной до 10 мм и шириной около 1 мм (в 1-2 зерна), измеряют длину этих полосок. Затем из каждой полоски выделяют при помощи иглы зерна ценного минерала (например, золота, касситерита), располагают их в виде полоски той же ширины (т.е. около 1 мм) и измеряют длину полоски. Отношение полоски ценного минерала к длине исходной полоски, умноженное на 100, дает объемный процент содержания минерала в данной фракции. Подобным же образом подсчитывают объемный процент в остальных 3-4 полосках и берут среднее арифметическое значение из 4-5 подсчетов.

Например, длина исходной полоски 10 мм, длина полоски ценного минерала (касситерита) – 3 мм; объемный процент ( $V_1$ ) содержания касситерита в тяжелой фракции будет:

$$V_1 = 3/10 * 100 = 30 \% \quad (1)$$

Средний объемный процент содержания по нескольким таким полоскам легко рассчитать по формуле

$$V_{\text{ср}} = (V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n) : N \quad (2)$$

где  $V_1 ; V_2 ; V_3 \dots V_n$  - объемное содержание минерала в полосках шлиха;

$N$  – общее число полосок шлиха, использованных (просмотренных) в ходе анализа.

Для получения весового содержания минерала в пробе ( $\text{г/м}^3$  или  $\text{г/т}$ ) расчеты необходимо производить с учетом плотности каждого из минералов и удельного веса всей остальной массы минеральных зерен шлиха. Эти данные берутся из минералогических таблиц. В итоге весовое содержание минерала рассчитывают по следующей формуле:

$$X = \frac{Y * d * 100}{Y * (d - d_1) + 100d_1} \quad (3)$$

где  $X$  – весовой процент;  $Y$  – объемный процент;  $d$  - плотность ценного минерала (берется из справочника);  $d_1$  – удельный вес всей остальной массы минеральных зерен шлиха (грубо  $4 \text{ г/см}^3$ ).

Полученные при расчетах значения весового или объемного содержания заносят в формуляр (табл.4).

Зная весовой процент ценного компонента, вес шлиха, вес навески шлиха, вес исследуемой фракции, объем промытой породы, можно подсчитать содержание ценного минерала в россыпи в  $\text{г/м}^3$  или  $\text{г/т}$  по формулам:

-для первого случая (см. формулу 1)

$$C_1 = \frac{P * g * x}{V * P * 100 \%} \quad (4)$$

-для второго случая (формула 3)

$$P * g * x$$

$$C_3 = \frac{g}{d \cdot V \cdot P' \cdot 100} \% \quad (5)$$

где  $C_1$  и  $C_3$  – содержание проанализированного материала (соответственно в г/м<sup>3</sup> и г/т);  $P$  – масса шлиха (в граммах);  $g$  – масса исследуемой фракции (в граммах);  $P'$  – масса навески для анализа (в граммах);  $x$  – вычисленное при анализе содержание анализируемого минерала во фракции (вес. %);  $V$  – объем шливовой пробы (м<sup>3</sup>);  $d$  – объемная масса опробованных рыхлых отложений

Обычно такими расчетами минералогический анализ заканчивается и его результаты передаются заказчику, но минералогические исследования продолжаются более детальным изучением других особенностей ценных минералов, имеющего своей целью выявление у них типоморфных признаков, позволяющих решать вопросы генезиса объекта исследований и его промышленных перспектив как самих россыпей, так и эндогенного оруденения, послужившего для них коренным источником ценных компонентов. Такие исследования занимают важное место в практике геологических работ, особенно на поисковой стадии.

Изучение типоморфизма минералов носит комплексный характер: кроме получения данных о гранулометрических и морфологических характеристиках зерен ценных компонентов, выявляемых уже при минералогическом анализе. Используются и другие аналитические методы – химические, спектральные, рентгеновские, рентгеноспектральные, электронно-микроскопические. В настоящем пособии остановимся только на внешних (физических) характеристиках минералов, наблюдаемых под бинокулярным микроскопом.

## **2.5. Изучение типоморфизма минералов при минералогическом анализе (на примере золота)**

Самородное золото – минерал «пластичный» по отношению к факторам рудо- и россыпеобразования, и по этой причине более сильно изменчиво в плане морфологии, физико-механических свойств, макро- и микрохимического состава. Минералогический геохимический признаки самородного золота позволяют исследовать различные аспекты пространственно-генетической связи эндогенных и экзогенных месторождений и на этой основе:

- получать дополнительные сведения о типах золотого оруденения, возможных глубинах его формирования и стадийности рудного процесса;
- обосновывать формационную природу и тип оруденения; прогнозировать возможный масштаб коренного источника (по соотношению в россыпях и шлиховых ореолах золота разной пробы и морфологического состава);
- определять время поступления в россыпь и доказывать наличие древних россыпей и промежуточных коллекторов;
- обосновывать наличие золота в коренных источниках на уровне современного эрозионного среза и решать вопрос об их пространственной позиции [2].

Изучение типоморфизма выделений самородного золота предусматривает [19-23, 32] исследование морфологии золотин (морфологии кристаллов и кластогенных частиц, особенностей рельефа и микрорельефа поверхности), определение химического состава обособлений золота (пробность, макро- и микропримеси как индикаторов формационной природы и признаков геохимической специализации провинций, зональности месторождений), выявление структур и субструктур золотин, являющихся индикаторам и условий рудообразования и, в равной степени – эпигенетических процессов [2].

Вопросы типоморфизма решаются путем скрупулезного сбора и анализа информации при изучении монофракций минералов и в условиях кратковременности курса перед обучающимися стоит задача приобрести навыки наблюдения и фиксации размеров и морфологических и других внешних особенностей изучаемых частиц. Алгоритм исследований кратко изложен А.Г. Баранниковым на примере самородного золота [2].

### 2.5.1. Изучение формы выделений самородного золота

Форма частицы (зерна) – одна из особенностей минерала, которая позволяет судить о среде и условиях его выделения. На важное значение изучения морфологии золотин указывает Н.В. Петровская [22], акцентируя внимание на некоторых морфологических особенностях самородного золота, имеющих типоморфное значение. В их числе:

- многообразие форм выделений;
- наибольшая частота встречаемости видимых обособлений свободного металла свойственна месторождениям золото-кварцевой формации;
- свободное золото состоит из сростков ксеноморфных и идиоморфных очертаний в зависимости от конфигурации пространства для роста золотин;
- в малосульфидных рудах больших глубин кристаллические индивиды: при переходе к малоглубинным месторождениям их роль уменьшается, но возрастает степень совершенства кристаллов;
- удлиненные и уплощенные кристаллы характерны для средне-малоглубинных объектов;
- комковидные разности преобладают там, где предшествовавшие рудоотложению тектонические подвижки привели к локальному растрескиванию минеральных агрегатов без возникновения протяженных трещин;
- для участков интрарудного расланцевания характерны трещинные выделения;
- интерстициальные обособления отвечают как комковидным, так и чешуйчатым разновидностям;
- широкое распространение имеют и гемидиоморфные (частично ограненные) золотины;
- проволоковидные, ветвящиеся, дендритовидные агрегаты обычно характерны для средне- и малоглубинных руд.

При работе с монофракциями исследования лучше производить на морфометрической основе, сопровождая первоначальную диагностику формы частиц замером их длины (А), ширины (В) и толщины (D). Для замеров используется объектив с масштабной линейкой. Размеры зерен определяют, руководствуясь таблицей 4.

Таблица 3.4

Шкала для определения размеров зерен  
(микроскоп МБС-1,2,9, окуляр 8<sup>x</sup>)

Увеличение на барабане	Малое деление (1мм)	Большое деление (1см)
	Истинное значение, мм	
0,6	0,17	1,7
1	0,10	1,0
2	0,05	0,5
4	0,025	0,25
7	0,017	0,17

На основе выполненных морфометрических замеров рассчитывают «коэффициенты формы» для каждого зерна: коэффициент удлиненности ( $K_{уд} = a/c$  или  $K_{уд} = a/b$ ) и коэффициент уплощенности ( $K_{упл} = (a+b)/2c$  или

$$K_{упл} = \frac{(a+b)}{2c} - 1 \text{ (по Вассоевич, 1967 [4]).}$$

Такие расчеты коэффициентов формы позволяют однозначно отнести золотину к определенному типу, виду, разновидности, руководствуясь значениями «коэффициентов формы», в соответствии с рекомендуемыми для этого терминами, приведенными также в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Систематика выделений самородного золота  
(по Петровской, 1973 [18]; Баранникову, 1994[2])

Морфологические особенности золотин			Типичный облик	Характеристика выделений	Параметры золотин: $a, b, c$ осси-а, в, с Уплотнен. - У
Тип	Вид	Разновидность			
Изометричные (объемные) формы	Идиоморфный	Кристаллическая		Хорошо- и слабо обработанные кристаллы	У от 1 до 1,5
		Друзовидно-каркасная		Сростки кристаллов друзовидной и каркасной формы	
		Каплевидно-округлая		Округло-изометричные (каплевидные) выделения	
	Целентационный	Комковидно-угловатая		Выделения сложной формы с более плотной центральной частью, от которой в разные стороны отходят выклинивающие выступы	У от 1 до 2,5
		Комковидно-гнездовая		Выделения с компактной центральной частью без угловатых выступов	
		Комковидно-ячеистая		Сростки мелких комковидных частиц, разделенных пустотами	
Уплотненные формы	Трещинный	Уплотненно-комковидная		Выделения комковидной формы, несущие признаки уплотненности	У=2,6-3,5 а/с-3-4 При а/с > 4  У=3,6-18 и >
		Прожилково-пластинчатая (С - 0,2 мм и >)		Выделения, связанные с выполнением трещинных полостей, располагающихся в интерстициях агрегатов зерен; отчетливая уплотненность	
		Прожилково-чешуйчатая (С - 0,1-0,2 мм)			
		Прожилково-пленочная (С < 0,1 мм)			
Прочие формы	Смешанный	Дендриты, дендритоиды		Монокристаллические тела и их агрегаты; состоят из закономерно расположенных субиндивидов (обычно удлиненных, уплотненных)	У различная
		Брусковидная		Удлиненные кристаллы, их линейные сростки; формировались вдоль трещин вмещающих минералов, в пустотах	
		Проволоковидная			
		Губчатая		Микропочковидные, губчато-пористые образования	

Результат морфологических исследований лучше представлять в виде таблицы, в которой одновременно фиксируются результаты замеров частиц минерала (табл. 3.6).

Таблица 3. 6

Формуляр для заполнения данными морфометрического анализа монофракций минерала

№ зн	Размеры, мм			Морфологические типы						Коэффициенты формы		
	длина	ширин	толщина	кристаллы	Комковидные	Пластинчатые	брусковидны	крючковаты	ГМ	Кулл	Кулл	Ккр
1												
2												
3												

При изучении и описании золота, платиноидов и других минералов россыпей кроме морфометрических показателей обязательно определение степени окатанности частиц, оцениваемой визуально по 6 - бальной шкале. При этом лучше пользоваться принятым в практике работ трафаретом, предложенным в 1953 году М.С. Пауэрсом, или традиционно руководствуясь следующими указаниями:

- 1 балл – золото неокатанное (рудного облика);
- 2 балла – почти неокатанное;
- 3 балла – слабо окатанное;
- 4 балла – среднеокатанное;
- 5 баллов – хорошо окатанное;
- 6 баллов – идеально (очень хорошо) окатанное.

Наличие в пробах неокатанного и слабоокатанного золота обычно рассматривается как индикатор близкого расположения коренного источника (или малой удаленности россыпей от области питания). Чем выше окатанность частиц минерала, тем более длительную транспортировку, как считается, он (минерал) испытал. Обычно в так называемых россыпях «ближнего сноса» (до 1 км от области питания) существенно (до 80-100 %) преобладает «металл» слабой окатанности (до 3 баллов), в россыпях «умеренного сноса» (первые км) – среднеокатанный (3-4 балла), в россыпях «дальнего сноса» - превалируют хорошо окатанные (5-6 баллов) частицы. Но при этом следует иметь в виду, что подобная схема распределения является идеализированной и характеризует простую систему «коренной источник – россыпь» в виде единого линеамента, что в природе бывает достаточно редко.

При изучении морфологических особенностей всегда необходимо помнить о том, что процесс россыпеобразования является длительным, многостадийным и разнообразным по условиям формирования и преобразования продуктивных отложений. При этом каждый этап (стадия) россыпеобразования оставляет свой след в облике зерен россыпных минералов.

Также всегда следует учитывать, что в россыпеобразовании могут участвовать коренные источники различных генетических типов, в которых ценные минералы обладают не только разными морфологическими особенностями, но и различной размерностью частиц. В зависимости от характера и динамики транспортирующей среды (водный, воздушный потоки, твердый сток) частицы разного размера и формы по-разному реагируют и преобразуются в ходе транспортировки: сильнее всего эволюционируют

крупные объемные формы и, наоборот, слабее меняется облик уплощенных и мелких частиц.

Перейдем к другим характеристикам самородного золота, которые также можно наблюдать при минералогическом анализе и использовать в качестве типоморфных признаков его образования и преобразования. К таковым относятся механические деформации, вторичные (гипергенные) налеты и первичные минеральные включения.

Деформации (изгиб отростков, наклёп краёв, абразивная штриховка) возникают при транспортировке частиц (во взвешенном или влекомом состоянии) или их переотложении (в процессе размыва промежуточных коллекторов) в результате соударения с частицами или обломками более твердых пород и минералов. Деформации изгиба выражаются в виде загнутых внутрь (к центру частиц) утонченных плоских краев или тонких отростков иногда вплоть до смыкания с «ядром» частицы (рис. ). Чаще всего этот вид деформации указывает и почти всегда трактуется как признак размыва более древних металлоносных осадков (россыпей), независимо от генезиса (пролювиального, аллювиального или морского), но преимущественно грубообломочных- гравийно-галечных, галечных или валунно-галечных.

Наклёп выражается в утолщении краев частиц также в результате соударений с твердыми обломками при транспортировке в виде «волочения по дну» или во взвешенном состоянии, по-видимому, преимущественно при начальном россыпеобразовании в паводковых условиях [20-23]. Некоторые исследователи связывают возникновение этих деформаций с волноприбойными процессами в морских условиях, а также в результате эолового перевевания песков на суше. В результате наклепа образуются необычные, так называемые «тороидальные» частицы с характерными утолщениями краев («валиков») плоских золотин, а при интенсивном и длительном наклепе такие тороиды эволюционируют до полного смыкания, образуя шаровидные полости внутри зерна [21]. Генетическая интерпретация таких форм частиц неоднозначна, но механизм образования обоснован и подтвержден экспериментально (Филиппов, Филиппова, 1981).

Абразивная штриховка выражается в виде хорошо видных под биноклем одиночных, а чаще некоторого числа царапин на поверхности частиц россыпного золота и платины, которые возникают также при их соударении с твердыми зёрнами сопутствующих минералов как при транспортировке в водной или воздушной среде, так и при переотложении частиц из более древних осадочных пород.

Признаком переотложения россыпеобразующих минералов являются вторичные (гипергенные) налеты, покрывающие большей частью углубления на поверхности золотин (а также и других минералах россыпей или кор выветривания). Они образуют пленки или корочки окислов железа или марганца, осаждающиеся в результате восстановления из слабоминерализованных подземных вод, инфильтрующихся через продуктивные осадочные отложения или коры выветривания. Нередко аналогичные пленки образуются и в результате окисления сульфидов (пирит, халькопирит, пирротин и др.), окислов (магнетит, гематит, мартит) или карбонатов. При транспортировке или переотложении россыпеобразующих минералов, такие налеты и корки, как, правило, механически разрушаются и иногда полностью исчезают. Считается, что образование вторичных пленок и налетов происходит при длительной консервации минералов в россыпном теле, т.е. как бы «в состоянии покоя» россыпи, когда она не подвергалась водной боковой или глубинной эрозии. Из этих представлений и определяется типоморфное значение этого признака.

Минеральные включения – не простой диагностический признак, но часто один из важнейших при прогнозировании и поисках коренных источников россыпеобразующих минералов. Нередко их определение является прямым указанием на конкретный

генетический (геолого-промышленный) тип оруденения (например, кварц, фуксит, киноварь, блеклые руды, хромит). Первые наблюдения производятся под бинокулярным микроскопом, используя при диагностике внешние характеристики минералов – морфология зерен, цвет, блеск, показатели преломления, спайность (или характер излома), размерность выделений. Для более точной диагностики рудных минералов следует использовать методы рудной микроскопии (см. главу 2), или электронной (растровой) микроскопии, позволяющей определять минералы включений по химическому составу, что особенно важно при их малой (менее 100 мкм) размерности.

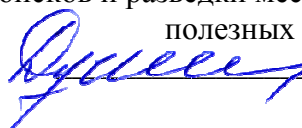
#### Литература

1. Бадалов С.Т. Минералого-геохимические особенности золоторудных месторождений и рудопроявлений Алмалыка// Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана. Ташкент: ФАН, 1969. С. 127-134.
2. Баранников А.Г. Изучение самородного золота при проведении поисковых работ. Методические указания
3. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. М.: Недра, 1981. – 237 с.
4. Довжикова Е.Г. Петрохимические пересчеты. Метод CIPW. Методические указания к лабораторным работам. Ухта, УГТУ, 2013. - с.
5. Захарова Е.В. Минералогия россыпей. М.: Недра, 1994. – 271 с.
6. Копченова Е.В. минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. М.: Недра, 1979. - 247 с.
7. Мурзин В.В., Малюгин А.А. Типоморфизм золота зоны гипергенеза(на примере Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. – 76 с.
- 8.
9. Николаева Л.А., Гаврилов С.Н. Методическое руководство по изучению самородного золота при ГРР. М., ЦНИГРИ, 1985. - 74 с.
10. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. -345 с.
11. Угрюмов А.Н. Шлиховой метод поисков. Часть 2. Методика минералогического анализа шлихов (Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Прогнозирование и поиски МПИ»). Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1996. - 26 с.
12. Яблокова С.В. Определение относительного времени поступления золота в россыпи (на примере Яно-Колымского пояса и Чукотки) / Древние и погребенные россыпи СССР. Ч. 2. Киев: Наукова думка, 1977. С. 118-120.



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.09 ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ**

Специальность:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация

***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Малюгин А.А., к.г.-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ

*(название кафедры)*

Протокол № 1 от 23.09.2021

*(Дата)*

Екатеринбург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ВВЕДЕНИЕ

Цели и задачи интерпретации, оценки и разбраковки геохимических аномалий

1. Законы распределения случайных величин, используемых в практике геохимических работ
  - 1.1. Группирование исходных данных
  - 1.2. Построение гистограмм и вариационных кривых
    - 1.2.1. Типы кривых распределения, наиболее часто встречающиеся в практике геохимических работ
    - 1.2.2. Нормальный закон распределения
    - 1.2.3. Логнормальное (логарифмически-нормальное) распределение
2. Определение геохимического фона и аномальных содержаний
  - 2.1. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при нормальном распределении
  - 2.2. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при логнормальном распределении
  - 2.3. Использование интегральных графиков
  - 2.4. Определение параметров логнормального распределения
3. Аналитические методы определения закона распределения
  - 3.1. Определение законов распределения с помощью оценок асимметрии (А) и эксцесса (Е)
  - 3.2. Проверка закона распределения с помощью критерия Пирсона
4. Определения корреляционной связи между содержаниями элементов
  - 4.1. Вычисление выборочного коэффициента корреляции
  - 4.2. Вычисление коэффициента ранговой корреляции Спирмена
  - 4.3. Интерпретация значений коэффициента корреляции
  - 4.4. Уравнение регрессии
5. Показатели, используемые при изучении геохимических аномалий
  - 5.1. Кларк и коэффициент концентрации
    - 5.1.1. Построение геохимических спектров и их интерпретация
  - 5.2. Показатели количественной оценки геохимических ореолов
  - 5.3. Показатели зональности ореолов и оценки глубины эрозионного среза геохимических ореолов, рудных тел и рудовмещающих структур

Список литературы

Задания для практических работ

Приложения

## Введение

Геохимические методы поисков, основанные на закономерностях распределения химических элементов в различных геосферах Земли, прочно вошли в практику геологоразведочных работ и широко применяются во всем мире. Многолетний опыт выявления рудных месторождений по первичным и вторичным ореолам рассеяния доказал высокую эффективность применения (использования) поисковой геохимии, позволяющей при сравнительно небольших затратах, находить промышленно значимые, в том числе трудно открываемые и слабо проявленные на поверхности месторождения.

Предметом исследований поисковой геохимии выступает геохимическое поле и составляющее его локальные аномалии. Фактически, любое рудное месторождение сопровождается первичными и вторичными ореолами рассеяния основных и сопутствующих химических элементов, которые могут быть выявлены геохимическими методами. Обнаружение таких ореолов и потоков рассеяния, установление их природы (генезиса), промышленной значимости и прогнозная оценка геохимических аномалий во многом определяются профессионализмом геолога-геохимика не только в ходе полевых исследований, но в большей мере, при проведении количественной интерпретации геохимических данных.

В практике геохимических поисков важнейшее значение имеет математическая обработка получаемой информации – от изучения распределения химических элементов в природных средах (лито-, гидро, био- и атмосфере) до разбраковки и прогнозной оценки геохимических аномалий. Среди методов и приемов прогнозирования и оценки объектов по геохимическим ореолам наиболее известны и широко применяются геостатистические, использующие статистические соотношения между характеристиками рудных тел и связанных с ними геохимических ореолов.

Настоящее пособие направлено на знакомство студентов с основными принципами этих методов и включает в себя изложение способов количественной интерпретации и графического изображения результатов геохимических данных, а также примеры типовых задач с описанием их решения.

Несколько слов от составителя. *Поисковая геохимия – наука молодая (ведь ей нет еще и ста лет), кардинальных изменений ее теоретические основы не претерпели, а законы поведения химических элементов в различных геологических средах остались прежними, как и правила математической статистики, применяемые при обработке анализов и интерпретации результатов геохимических поисков. Излагаемый в пособии материал ранее публиковался в аналогичном пособии В.И.Чеснокова и О.Н.Грязнова (1982) и на нем «выросло» не одно поколение геологов-поисковиков (выпускников СГИ, УГИ, УГГГА, УГГУ), успешно применявших геохимические исследования в своей работе в разных регионах СССР, России и зарубежных стран. Поэтому, в знак большого уважения в предлагаемом учебном пособии разработки В.И. Чеснокова и О.Н. Грязнова представляются без изменений с пояснениями и добавлениями составителя, ведущего занятия по этой дисциплине в настоящее время.*

## 1. Цели и задачи интерпретации, оценки и разбраковки геохимических аномалий

Под *интерпретацией* геохимических аномалий понимается последовательность действий, возникающая вслед за их выявлением. Конечным результатом оценки геохимической аномалии продолжающаяся вплоть до принятия обоснованного решения о уровне перспективности объекта и целесообразности его дальнейшего изучения (Геохимический словарь...).

*Оценка* геохимической аномалии – качественная и количественная характеристика геохимических параметров аномалии, на основании которых определяется ее природа (рудная, безрудная, техногенная), продуктивность, тип прогнозируемого оруденения, уровень вскрытия аномалии (уровень эрозионного среза), промышленная значимость. Конечным результатом оценки геохимической аномалии является подсчет прогнозных ресурсов полезных ископаемых.

*Разбраковка* аномалий представляется как совокупность методических приемов, позволяющих получить ответы на два основных вопроса: 1) связана ли аномалия с рудным объектом и, если связана, то 2) каковы параметры изучаемого объекта.

В общем случае при интерпретации, оценке и разбраковке геохимической аномалии решаются следующие основные задачи:

- выделение и оконтуривание геохимической аномалии (аномалий);
- определение рудно-формационной природы (генезис) аномалии;
- выяснение особенностей внутреннего строения аномалии – зональность;
- оценка уровня эрозионного среза аномалии;
- разбраковка аномалии;
- определение условий залегания оруденения;
- оценка масштабов оруденения

Перечисленные задачи решаются в той или иной степени в зависимости от масштаба поисковых работ и иерархического ранга изучаемого рудного объекта (рудный район, рудный узел, рудное поле, месторождение).

Полный цикл обработки и интерпретации результатов геохимических поисков включает в себя, по крайней мере, пять самостоятельных этапов:

1. Оценка статистических параметров распределения элементов в геохимическом поле;
2. Выделение в геохимическом поле аномалий путем вычисления нижней аномальной границы;
3. Определение природы и параметров геохимической аномалии – размеров, элементного состава, средних содержаний химических элементов, корреляционных связей, зональности, продуктивности, формационной принадлежности;
4. Оценка прогнозных ресурсов по геохимическим данным;
5. Разбраковка аномалий по степени перспективности и очередности их дальнейшего изучения.

## 1.1. Законы распределения случайных величин, используемые в практике геохимических работ

Обобщение большого цифрового материала, получаемого в результате геохимических работ (сотни-тысячи проб и до десятков тысяч элементо-определений) невозможно без применения математической обработки. Для получения однозначных геохимических показателей, количественно характеризующих тот или иной природный геологический объект (неизменные горные породы, околорудные метасоматиты, геохимические ореолы и аномалии, рудные тела и т.д.), а также для объективного сравнения этих показателей с целью использования их сходства или различий для поисков месторождений полезных ископаемых требуется применение единой методики обработки геохимической информации. Такой методикой математической обработки геохимических данных является применение теории вероятностей и математической статистики.

Распределение химических элементов в любых геологических образованиях определяется генезисом этих образований. При этом на распределение элементов оказывает влияние множество причин, учесть которые бывает достаточно трудно. Поэтому даже в однородных неизменных горных породах, не говоря уже об эндогенных ореолах или рудных телах, наблюдаются колебания (иногда очень значительные) от какой-то средней величины, характеризующей истинное среднее содержание данного химического элемента в изучаемом объекте. Однако с помощью статистической обработки почти всегда можно выявить количественные закономерности в распределении химических элементов в однородных геологических образованиях определить конкретные геохимические величины, характеризующие изучаемый объект.

Совокупность значений содержаний химического элемента, отражающая статистические закономерности его распределения в конкретном природном образовании (минерал, порода, вода, газ, органическое вещество), может быть названа *геохимической совокупностью*, которую можно было бы получить по результатам анализа бесконечно большого количества проб с бесконечно малым шагом опробования, охватывающих полностью всё изучаемое геологическое тело.

При геохимических исследованиях мы всегда имеем дело с результатами анализов ограниченного числа проб по конкретному геологическому объекту. Совокупность результатов этих анализов называется *геохимической выборкой*.

Очень важно, что геохимическая выборка была однородной, то есть состояла из результатов анализов проб, отобранных из однородного геологического образования. *Например, при определении геохимического фона какого-либо химического элемента в конкретной горной породе на изучаемой площади в выборку отбираются результаты анализов только тех проб, которые принадлежат к неизменной горной породе конкретного петрографического состава и возраста, отобранных и проанализированных в одинаковых условиях.*

Статистическая обработка данных геохимического опробования возможна только в том случае, когда удовлетворяется следующее выражение:

$$0,5n_1 + \sum n_i \geq 50\% \quad (1)$$

где  $n_1$  – количество проб с минимальным содержанием, выраженным конкретным числом (цифрой);

$\sum n_i$  – количество проб с содержанием выше, чем минимальное значение.

Для выяснения характерных геохимических закономерностей в распределении химических элементов в горных породах или других объектах необходимо сгруппировать исходные данные относительно какого-то признака. В противном случае, а часто вообще невозможно, выявить какую-либо статистическую закономерность в распределении исследуемой величины. В качестве такого признака обычно принимаются величины содержаний элементов в определенной горной породе, рассматриваемы в данном случае как случайные величины.

## 1.2. Группирование исходных данных

Эта операция обычно проводится по интервалам. Величины интервалов вбираются по возможности равными, исходя из условий, что можно без большой ошибки приравнять все содержания, попадающие в определенный интервал, к середине этого интервала и что для удобства статистической обработки величина интервала должна быть возможно большей. Однако при этом приходится руководствоваться первым условием, чтобы не терялись особенности характера распределения.

Желательно по возможности разделить выборку на 10-20 интервалов с числом в интервале не менее 5 единиц.

Для выбора величины интервала группирования можно воспользоваться эмпирической формулой:

$$K = (X_{\max} - X_{\min}) / 1 - 3,2 * \lg N \quad (2)$$

где  $K$  – ширина интервала;

$X_{\max}$  и  $X_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное содержание данного химического элемента в пробах изучаемой выборки;

$N$  – количество проб в выборке.

Например, в выборке из 174 проб (таблица 1) максимальное содержание меди ( $X_{\max}$ ) – 0,020%, минимальное ( $X_{\min}$ ) – 0,001%. В этом случае по формуле (2) ширина интервала  $K = (0,020 - 0,001) / 1 + 3,2 \lg 174 = 0,023\%$ . Округляя можно принять ширину интервала равной 0,002 %.

Отсюда вся выборка может быть разбита на интервалы: 0,00-0,002 %; 0,002-0,004 %; 0,004-0,006%; 0,006-0,08 %; 0,008-0,010 %; 0,010-0,012 %; 0,012-0,014 %; 0,014-0,016 %; 0,016-0,018 %; 0,018-0,020 % (таблица 2). Для каждого из полученных интервалов таким образом устанавливаются нижняя и верхняя границы и затем рассчитывается среднее значение, называемое *серединой интервала*. Например, для интервала 0,018-0,020 % серединой интервала будет величина 0,019 %.

После установления границ, в каждый интервал включаются величины содержаний химического элемента большие нижней границы интервала и меньшие или равные верхней его границы. Для упрощения расчетов обычно результаты спектрального анализа переводят в целочисленные значения, кратные  $10^{-2}\%$ ,  $10^{-3}\%$  или  $10^{-4}\%$  в зависимости от конкретных величин содержаний элемента. В этом случае приведенный в примере ряд содержаний будет выглядеть следующим образом: 1; 2; 3 ...  $20^{-3}\%$ .

После деления выборки на интервалы производится подсчет количества проб ( $n_i$ ), попавших в тот или иной интервал и вычисление относительной частоты (встречаемости)

проб ( $W_i$ ) в данном интервале. При подсчете количества проб, попавших в тот или иной интервал удобнее пользоваться так называемым методом «конверта» (десятичном ключе), что особенно важно при значительном объеме выборки.

Таблица 1

Результаты количественного спектрального анализа долерита одного из района на медь

№ пробы	Сод. $n \cdot 10^{-3}\%$	№ пробы	Сод. $n \cdot 10^{-3}\%$	№ пробы	Сод. $n \cdot 10^{-3}\%$	№ пробы	Сод. $n \cdot 10^{-3}\%$	№ пробы	Сод. $n \cdot 10^{-3}\%$	№ пробы	Сод. $n \cdot 10^{-3}\%$
1	8	31		1	1	1	0	21	1	51	
	1	2		2		2		22		52	3
	9	3		3	5	3		23		53	
	6	4	1	4		4	1	24	4	54	2
	13	5		5	1	5		25		55	
	5	6		6		6		26		56	
	8	7		7	2	6		27		57	0
	10	8		8		8	0	28	0	58	
	2	9		9	3	9		29		59	
0	6	0		0		00	6	30	5	60	5
1	7	1	1	1	2	01		31		61	
2	17	2		2		02		32		62	0
3	5	3	2	3	1	03		33		63	
4	12	4		4		04		34	3	64	4
5	8	5	3	5	4	05	0	35		65	
6	9	6		6		06		36	0	66	
7	7	7	2	7		07	2	37		67	
8	10	8		8		08		38		68	2
9	15	9		9	7	09	2	39	3	69	
0	9	0	0	0		10		40		70	0
1	11	1		1	2	11	0	41	6	71	
2	8	2	6	2		12		42		72	
3	1	3	0	3	4	13		43	1	73	
4	7	4		4		14		44		74	
5	8	5	5	5	0	15		45			
6	7	6		6		16		46	0		
7	4	7	0	7	1	17	8	47			
8	6	8		8		18		48	7		

9	18	9	2	9		19	0	49			
0	7	0		0		20		50	1		

Затем подсчитывается общее число проб, включенных в каждый интервал ( $n_i$ ) и определяется относительная частота ( $W_i$ ), соответствующая каждому интервалу по формуле:

$$W_i = (n_i / N) \times 100 \% \quad (3)$$

где  $W_i$  – относительная частота в % для  $i$ - интервала;

$n_i$  – число проб в  $i$ -ом интервале;

$N$  – общее число проб в выборке.

Сумма относительных частот всех интервалов должна быть равна 100 %.

В качестве примера (Табл. 2) можно привести группирование содержаний меди в долеритах из таблицы 1.

Таблица 2

Результаты группирования содержаний меди в долеритах

№№ пп.	Интервалы содержаний в $n \cdot 10^{-3} \%$	Отметки	Кол-во проб с данным содержанием ( $n_i$ ) в шт.	Относительная частота ( $W_i$ ) для интервалов	Накопленные относительные частоты для интервалов, в %
1	0-2		6	3,44	3,44
2	2-4		13	7,50	10,94
3	4-6		25	14,36	25,30
4	6-8		48	27,58	52,86
5	8-10		36	20,70	73,58
6	10-12		22	12,62	86,20
7	12-14		10	5,76	91,96
8	14-16		8	4,60	95,56
9	16-18		5	2,87	99,43
10	18-20		1	0,57	100,00
			$N = 174$	$\Sigma = 100 \%$	

После группировки содержаний по интервалам для выяснения закономерностей распределения химических элементов строятся гистограммы или вариационные (дифференциальные) кривые.

### 1.3. Построение гистограмм и вариационных кривых

Гистограммы используются для представления изучаемой выборки в графическом виде. При их построении частоту каждого интервала делят на его длину и полученное число берут в качестве высоты прямоугольника, основание которого равно величине интервала. Часто за высоту прямоугольника берется количество проб в данном интервале или соответственные относительные частоты. Пример приведен на рис. 1.



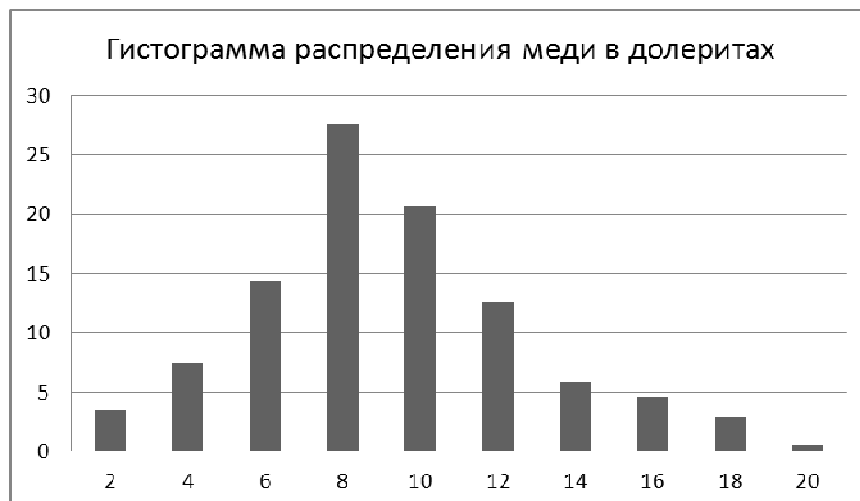


Рис. 1. Гистограмма распределения меди в долеритах. По оси абсцисс – интервалы содержаний меди в %, по оси ординат – относительные частоты.

Если соединить серединки вершин каждого прямоугольника представленной гистограммы, то получится кривая линия, которая является функцией или законом распределения исследуемой величины «X» и называемая *вариационной кривой*.

Вариационные (дифференциальные) кривые распределения могут строиться и без составления гистограммы. Делается это аналогичным способом: по оси абсцисс откладываются интервалы содержаний в порядке из возрастания, по оси ординат – частоты ( $n_i$ ) или чаще относительные частоты ( $W_i$ ) в процентах в пропорциональном масштабе. Из середины каждого интервала к оси абсцисс мысленно восстанавливается перпендикуляр, равные по величине (высоте) относительной частоты. Вершина перпендикуляра отмечается на графике точкой. Точки

### 1.3.1. Типы кривых распределения, наиболее часто встречающиеся в практике геохимических работ

Кривые распределения могут иметь бесконечное разнообразие форм, тем не менее в практике геохимических поисков наиболее часто встречаются пять основных типов вариационных кривых распределения химических элементов (и минералов) в горных породах (рис. 2).

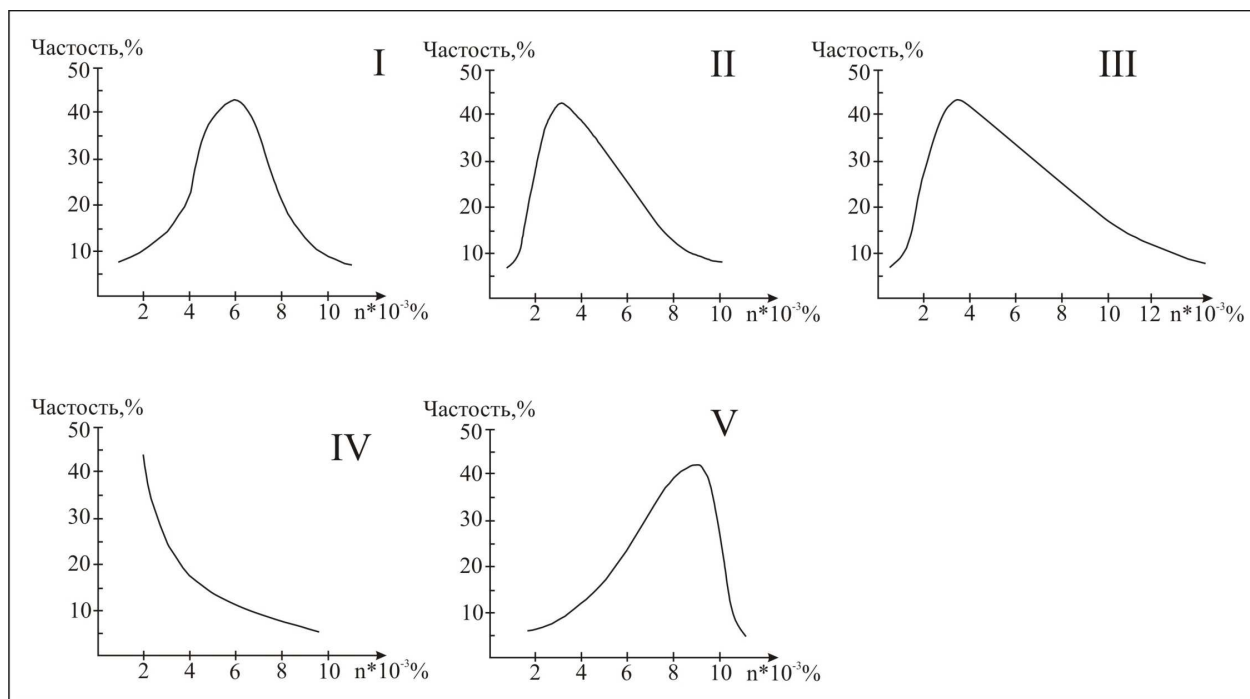


Рис. 2. Основные типы вариационных кривых, встречающихся в практике геохимических работ (по М.И. Толстому, 1964 [11]).

**I тип** кривых описывается нормальным законом распределения вероятностей и геохимически соответствует равномерному распределению элемента в минералах и горных породах.

Для кривых **II типа**, описываемых логнормальным законом распределения, характерно неравномерное распределение элемента в минералах, распределенных в породе равномерно, или наоборот неравномерное распределение минералов при равномерном распределении в них элемента.

Нормальный и логнормальный законы распределения элементов в минералах и горных породах встречаются наиболее часто и широко используются при статистических методах обработки данных опробования. Однако довольно часто эмпирические вариационные кривые или данные расчетов не укладываются в рамки нормального или логнормального распределения, имея положительную асимметрию, превышающую асимметрию логнормального распределения. В этом случае кривые приобретают вид типа **III**, чему нередко соответствует неравномерное распределение элементов в минералах, распределение которых также неравномерно, или же имеет место наложение на первичное распределение последующих процессов привноса или перераспределения этого элемента.

**IV тип** кривых появляется в том случае, когда аналитические возможности из-за низкой чувствительности не позволяют достоверно определять содержания элемента, находящегося в породе в кларковых или близких к ним количествах

Вариационные кривые с отрицательной симметрией (**V тип**) характерны для некоторых породообразующих (литофильных) элементов, а также для распределений элементов в породах, подвергшихся процессам выщелачивания.

Таким образом, породообразующие элементы в основном подчиняются нормальному закону распределения и характеризуются I типом вариационных кривых и редко V типом. Элементы рудные и рассеянные главным образом распределяются согласно логнормальному

закону (II тип вариационных кривых) и реже характеризуются III типом вариационных кривых.

Следует помнить, что возможности определения закона распределения химических элементов в породах путем статистической обработки результатов геохимического опробования или путем соответствующих графических построений в значительной степени зависят от полноты исходных данных, которая в свою очередь находится в прямой зависимости от чувствительности аналитического метода определения элемента в пробе.

Рассмотрим теперь основные особенности законов распределения элементов в породах и правила расчетов основных статистических параметров, используемых при интерпретации геохимических полей и аномалий.

### 1.3.2. Нормальный закон распределения

Во многих случаях эмпирические распределения, с которыми приходится иметь дело в практике геохимических исследований, выражается кривыми симметричной или слабо асимметричной формы, относящимся к типу так называемых *нормальных кривых*.

Нормальное распределение имеет место тогда, когда действует большое число независимых или слабо зависимых случайных причин, играющих роль при образовании конкретной случайной же величины (в частном случае – содержания химического элемента в определенной точке пространства, занимаемого исследуемым геологическим объектом). Если резко преобладает одна из случайных причин, то распределение обычно соответствует логнормальному (логарифмически-нормальному) или какому-либо другому распределению.

Функция распределения случайной величины, являющаяся аналитическим выражением, описывающим кривую распределения в выбранной системе координат, характеризует вероятность попадания определенной случайной величины (содержания химического элемента в пробе) в тот или иной интервал содержаний. Поэтому дифференциальные кривые могут быть названы *кривыми плотности вероятности*.

Нормальное распределение является непрерывным распределением с плотностью вероятности

$$J(x) = 1/\delta\sqrt{2\pi} * e^{-(x-\mu)^2/2\delta^2} \quad , (4)$$

где  $x$  - значение случайной величины;

$\mu$  – математическое ожидание случайной величины;

$\delta^2$  – дисперсия случайной величины.

*Математическим ожиданием* случайной величины называется сумма произведений всех возможных значений случайной величин на вероятность появления этих значений или, другими словами, некоторое среднее, вокруг которого группируются все возможные значения случайной величины на числовой оси (см. Руководство по математическим пересчетам... 1965). Это истинное содержание элемента в исследуемой геохимической совокупности. Его точную величину в большинстве случаев установить невозможно и судить о ней приходится по приближенной характеристике, получаемой из геохимической выборки. Эта приближенная характеристика называется оценкой математического ожидания или *выборочной средней*.

*Выборочная средняя* равна среднему арифметическому содержанию ( $\bar{x}$ ) и определяется по формуле:

$$\bar{X} = 1/N * \sum x_i \quad (5)$$

где  $x_i$  – содержание элемента в отдельных пробах (середин интервалов содержаний в выборке);

N – общее количество проб в выборке.

В качестве меры вершинности эмпирических кривых распределения, отличающихся от теоретических нормальных кривых, обычно используется показатель, называющийся *эксцессом* (E). Эксцесс определяется по формуле:

$$E = m_4/S^4 - 3 \quad , \quad (8)$$

где  $m_4$  – выборочный момент четвертого порядка, вычисляемый по формуле:

$$m_4 = [\sum (x_i - \bar{x})^4] / N \quad (9)$$

При нормальном законе распределения эксцесс равен нулю, поскольку в этом случае, отношение  $m_4 / S^4 = 3$ .

### Построение интегральных кривых

Графически нормальную функцию распределения случайной величины можно изобразить и в виде **интегральной кривой**, часто называемой *кривой накопления* или **кумулятивной кривой**.

Построение кумулятивной кривой производится следующим образом. По оси абсцисс откладываются интервалы содержаний, на которые разделена выборка; по оси ординат – накопленные частоты (частности) для каждого интервала. Вычисление накопленных частот для каждого интервала производится суммированием частот предыдущих интервалов плюс частота данного интервала (см. табл. 2).

Исходной точкой интегральной кривой является 0, конечной 100 %. Середина кривой, соответствующая накопленной частоте в 50% называют медианой (Me). Для теоретического нормального распределения мода (Mo) и медиана (Me) равны.

*Дисперсия* является мерой рассеяния содержаний элемента вокруг математического ожидания. Приближенной оценкой истинной дисперсии ( $\delta^2$ ) является выборочная (эмпирическая) дисперсия  $S^2$ , которая вычисляется по формуле:

$$S^2 = \sum (x_i - \bar{x}_{cp})^2 / (N-1) \quad (6)$$

Мерой рассеяния содержаний элемента вокруг выборочной средней является также *среднее квадратичное отклонение* S, которое представляет собой корень квадратный из выборочной дисперсии  $S^2$ . Иногда среднее квадратичное отклонение называют *стандартным отклонением* или *стандартом*.

В качестве относительной характеристики величины рассеяния часто используют коэффициент вариации (V), определяемый по формуле:

$$V = S/\bar{x}_{cp} * 100 \% \quad (7)$$

При нормальном распределении кривая симметрична относительно *моды*, под которой понимается абсцисса максимума этой кривой. Мода показывает наиболее часто встречаемое содержание элемента в исследуемой выборке и **для нормального закона распределения мода равна среднему содержанию элемента**.

Часто в практике работ бывает нужно сравнить однотипные по степени однородности математические выборки между собой по их внешнему виду (островершинные с крутопадающими крыльями, сглаженные с пологими крыльями и т.д.), в особенности при равных значениях моды (М). Следует помнить, что вид кривой и ее крутизна зависят от величины среднего квадратического отклонения ( $\delta$ ). Чем больше среднее квадратическое отклонение, тем положе кривая и наоборот (рис. 3).

### 1.2.3. Логнормальное (логарифмически-нормальное) распределение

Как отмечалось выше, в практике геохимических работ очень часто встречаются асимметричные кривые распределения. Если вершина кривой сдвинута влево (рис. 3, типы II и III), то асимметрия считается положительной (+А), если вправо (рис 3, тип V)-отрицательной (-А). Во многих случаях эмпирические кривые с положительной асимметрией хорошо согласуются с так называемым логарифмически нормальным законом распределением. Характерным свойством последнего является изменение формы асимметричной дифференциальной кривой, построенной по интервалам содержаний сгруппированной выборки, на симметричную форму, если в качестве случайной величины использовать не содержания химического элемента, а их логарифмы. Таким образом, *логнормальное распределение есть не что иное, как нормальное распределение логарифмов содержаний элементов*. Отсюда следует вывод, что логнормальное распределение обладает всеми свойствами распределения нормального.

Функция распределения плотности вероятности для логнормального закона распределения равна:

$$Y(y) = 1/(\sigma\sqrt{2\pi}) * e \quad (10)$$

где  $y = \lg X$ , то есть  $y$  – значение логарифма случайной величины  $X$ ;

$\mu$  – математическое ожидание случайной величины  $y$  ;

$\sigma^2$  – дисперсия случайной величины  $y$ .

Для логнормального распределения оценкой математического ожидания является среднее арифметическое логарифмов содержаний

$$\lg X = 1/N * \sum \lg X_i \quad (11)$$

где  $\lg X_i$  – частные значения логарифмов содержаний;

$N$  – общее количество проб в выборке.

Приближенной оценкой дисперсии ( $\sigma^2$ ) является выборочная дисперсия  $S^2_{\lg}$ , определяемая по формуле:

$$S^2_{\lg} = 1/(N-1) * \sum (\lg X_i - \lg X_{cp}) \quad (12)$$

Среднее квадратическое отклонение равно

$$S_{\lg} = \sqrt{S^2_{\lg}} \quad (13)$$

Коэффициент вариации для догнормального распределения определяется выражением

$$V = \sqrt{10^{S^2_{\lg}} - 1} \quad (14)$$

Величину интервала группирования при логнормальном распределении можно получить из выражения:

$$K = (\lg x_{\max} - \lg x_{\min}) / (1 + 3,2 \lg N) \quad (15)$$

Построение вариационных кривых проводится так же, как и для нормального распределения, только по оси абсцисс откладываются равные интервалы в содержаниях, равным их логарифмам.

Теоретическая кривая логнормального распределения должна быть симметричной (т.е. ее асимметрия и эксцесс должны быть равны нулю.)

Интегральная (кумулятивная) кривая логнормального распределения определяется выражением:

$$\Phi(y) = \quad (16)$$

Построение ее аналогично нормальному закону, только используются относительные накопленные частоты для равных интервалов логарифмов или неравных интервалов соответствующих им содержаний. Как и вариационную кривую, кумулятивную лучше отстраивать на специальной вероятностной бумаге.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И АНОМАЛЬНЫХ СОДЕРЖАНИЙ

Перейдем к определению других статистических параметров геохимических полей и аномалий. Сделать это можно как графическим, так и расчетным методами, но в обоих случаях только после составления выборок и решения вопроса о законе распределения данных в объеме этих выборок. Менее затратным по времени обработки данных является графический метод, поэтому в практике геохимических работ определение геохимического фона и аномальных содержаний в большинстве случаев производится графическим способом.

### 2.1. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при нормальном распределении

Одним из графических методов является построение вариационной кривой, с которой снимаются параметр распределения - мода ( $M_0$ ) и стандартное отклонение ( $S$ ). Методика построения описана в главе 1.

Если построенная вариационная кривая симметрична и имеет колоколообразную форму, то можно предположить, что она согласуется с нормальным законом распределения. В этом случае в качестве оценки «математического ожидания» или «выборочного среднего» ( $\bar{x}$ ) принимается модальное значения содержаний ( $M_0$ ).

Среднее квадратическое (стандартное) отклонение ( $S$ ) определяется следующим образом (рис. 4). Максимальная ордината кривой, соответствующая модальному значению содержаний, делится на 10 (десять) равных частей и через точку 0,6 максимальной ординаты (считая от оси абсцисс) проводится линия параллельная оси абсцисс, до пересечения с левой и правой частью графика вариационной кривой. Величина  $S$  равна разнице между абсциссой точки пересечения с правой ветвью кривой и модой или же разнице между модой и абсциссой точки пересечения с левой ветвью вариационной кривой. Таким образом,  $S$  равно половине ширины вариационной кривой на уровне 0,6 ее максимальной ординаты.

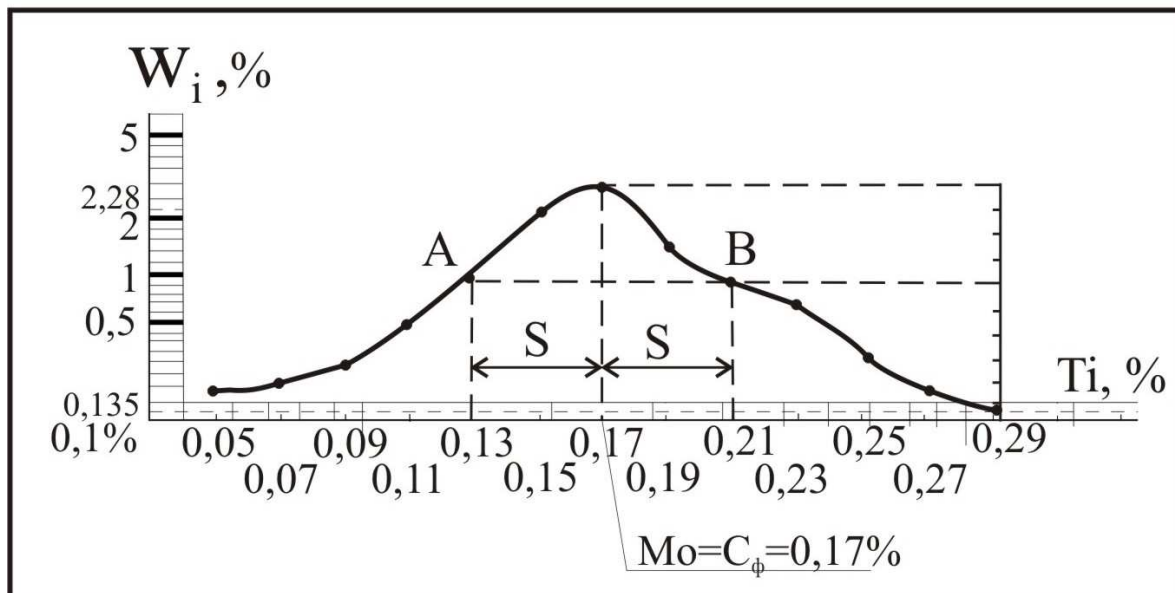


Рис. 3. Определение среднеквадратического отклонения по вариационной кривой распределения при нормальном законе распределения (задание № ).

Погрешность определения выборочной средней ( $\bar{x}$ ) с вероятностью 0,95 (т.е. с 5%-ным уровнем значности –  $q$ ) рассчитывается по формуле:

$$\pm\lambda_{5\%} = 1,96S/\sqrt{N} \quad (17)$$

При нормальном законе распределения за значение геохимического фона ( $C_{\phi}$ ) принимается среднее арифметическое ( $\bar{x}$ ) из содержаний элемента в данной выборке, определяемое модой по вариационной кривой.

При определении аномальных содержаний используется стандартное отклонение ( $S$ ), снимаемое с той же с той же вариационной кривой. За нижнее значение аномального содержания для единичных проб принимается величина

$$C_a \geq C_{\phi} + 3S \quad (18)$$

Для выделения слабых геохимических аномалий, которые часто являются проявлением геохимических ореолов скрытых или глубоко залегающих рудных тел, по нескольким коррелирующимся по пространственному положению или структурно-геологической позиции точкам с повышенными относительно геохимического фона содержаниями (но ниже  $C_a \geq C_{\phi} + 3S$ ) обычно используют более общую формулу минимального аномального содержания:

$$C_a = C_{\phi} + 3S/\sqrt{m} \quad (19)$$

где  $m$  – число коррелирующихся точек с повышенным относительно фона содержанием изучаемого элемента, причем  $m \leq 9$ .

При построении литогеохимических карт и геохимических разрезов обычно используются три величины аномальных содержаний, характеризующих различную степень вероятности выделения геохимических аномалий:

$$C_{a1} = C_{\phi} + S \quad (\text{вероятность аномальности} - 84,13\%), \quad (20)$$

$$C_{a2} = C_{\phi} + 2S \quad (\text{вероятность} - 97,72\%) \quad (21)$$

$$Ca_3 = Cф + 3S \quad (\text{вероятность} - 99,86 \%) \quad (22)$$

В практике геохимических поисков иногда встречаются так называемые «отрицательные» аномалии, связанные с выносом некоторых химических элементов при гидротермально-метасоматических, сопровождающих оруденение. В ряде случаев эти отрицательные аномалии могут иметь важное поисковое значение. Выделение подобных аномалий проводится аналогично обычным (положительным) аномалиям, только со знаком «минус». Например,  $Ca_1 = Cф - S$ . Общая формула для выделения «отрицательных» аномалий по нескольким пространственно коррелирующимся точкам имеет следующий вид:

$$Ca = Cф - 3S/\sqrt{m} \quad (23)$$

где  $m$  – число коррелирующихся точек с пониженным относительно фона содержаниями изучаемого элемента, причем  $m \leq 9$ .

При  $m > 9$  в формулах (19) и (23)  $m$  принимается равным 9, и тогда они приобретают вид:

$$Ca = Cф + 3S/\sqrt{9} = Cф + S \quad \text{или} \quad Ca = Cф - 3S/\sqrt{9} = Cф - S,$$

с вероятностью выделения аномалий 84,13 %.

Если же в формулы (19) и (23) подставить  $m > 9$ , то величина  $Ca$ , приближаясь к  $Cф$ , становится неопределенной, и выделяются аномалии с очень малой вероятностью. Это может привести к выделению и оконтуриванию огромного количества ложных аномалий, связанных с вариациями геохимического фона, на проверку (заверку) которых могут быть безрезультатно затрачены большие средства.

После определения геохимического фона и величин аномальных значений результаты анализа геохимических проб выносятся на карты фактического материала в масштабе съемки или на геологические разрезы (поэлементно и путем интерполяции производится оконтуривание геохимических ореолов по величинам  $Ca_1, Ca_2, Ca_3 \dots Ca_n$ . Аналогично проводится оконтуривание «отрицательных» аномалий.

Следует иметь в виду, что нередки ситуации, когда имеются пробы или пространственно сближенные группы проб с содержанием выше фонового, но ниже аномального (на уровне  $Ca_3$ ). Выделение всех таких аномалий может привести к большим непроизводительным затратам (каждая аномалия должна быть оценена посредством горных или буровых работ) и, наоборот, игнорирование таких проб может привести к пропуску рудных зон скрытого или погребенного типа с очень слабым по интенсивности и/или небольшими по размерам геохимическими ореолами на поверхности (на уровне «представительного горизонта»). В каждом конкретном случае отнесение таких проб к аномальным или фоновым следует производить по обобщенной формуле:

$$Ca = Cф \pm 3S/\sqrt{m} \quad (24)$$

## 2.2. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при логнормальном распределении

В случае, если эмпирическая вариационная кривая, построенная по равным интервалам содержаний, имеет положительную симметрию, то она может быть перестроена в логарифмическом масштабе. Покажем это на конкретном примере.



Например, имеем геохимическую выборку из 120 проб (табл. 3), характеризующую содержание кобальта в неизменных андезитах одного из районов Урала по данным приближенно количественного спектрального анализа (Чесноков, Грязнов, 1982).

Таблица 3

Выборка содержаний кобальта в неизменных андезитах

№№ пп	Содержание Co в n*10 <sup>-4</sup> % (X <sub>i</sub> )	Логарифмы содержаний (lgx <sub>i</sub> )	Количество проб (n <sub>i</sub> )	Относительные частоты (W <sub>i</sub> )
1	1,5	0,176	2	1,67
2	2	0,301	3	2,50
3	3	0,477	4	3,33
4	4	0,602	5	4,16
5	5	0,699	8	6,66
6	6	0,776	11	9,20
7	8	0,903	15	12,50
8	10	1,00	24	20,00
9	15	1,176	23	19,15
10	20	1,301	14	11,67
11	30	1,477	5	4,16
12	40	1,602	3	2,50
13	50	1,699	2	1,67
14	60	1,778	1	0,83
			N = 120	∑ =!00%

Определим величину интервала группирования по формуле:

$$K = (x_{\max} - x_{\min}) / (1 + 3,2 \lg N) = (60 - 1,5) / 7,6 \approx 8 * 10^{-4} \% \quad (25)$$

Пользуясь полученной величиной интервала, сгруппируем выборку (табл. 4).

Таблица 4

Сгруппированная выборка содержаний кобальта в неизменных андезитах

№№ пп	Интервалы группирования K <sub>i</sub> (n*10 <sup>-4</sup> %)	Середины интервалов K <sub>i</sub>	Количество проб N <sub>i</sub>	Относительные частоты W <sub>i</sub> (%)
1	0-8	4	48	40,02
2	8-16	12	47	39,15
3	16-24	20	14	11,67
4	24-32	28	5	4,16
5	32-40	36	3	2,50
6	40-48	44	0	0,00
7	48-56	52	2	1,67
8	56-64	60	1	0,83
			N = 12	∑ =!00%

По данным таблиц 3 и 4 построены вариационные кривые. В обоих случаях получились асимметричные вариограммы с положительной асимметрией, показывающие, что распределение кобальта в андезитах не согласуется с нормальным законом.

Чтобы проверить не согласуется ли это эмпирическое распределение элемента в андезитах с логнормальным законом распределения, построим вариационные кривые кобальта, заменив по оси абсцисс интервалы содержаний интервалами логарифмов. Затем определяем величину интервала группирования по формуле:

$$K = (\lg x_{\max} - \lg x_{\min}) / (1 + 3,2 \lg N) = (1,778 - 0,176) / (1 + 3,2 * \lg 120) = 0,21 \quad (26)$$

По аналогии с первым примером, по вычисленной величине  $k$  сгруппируем эту выборку (табл. 5)

Таблица 5

Сгруппированная выборка содержаний кобальта в андезитах для проверки логнормального закона

№№ пп	Интервалы группирования логарифмов (lgx <sub>i</sub> )	Середины интервалов (lg x <sub>i</sub> )	Соответствующие интервалы в содержаниях (n*10 <sup>-4</sup> %)	Количество проб в интервале (n <sub>i</sub> )	Относительные частоты (W <sub>i</sub> ) %
1	0,0-0,21	0,105	1,00-1,62	2	1,67
2	0,21-0,42	0,315	1,62-2,60	3	2,50
3	0,42-0,63	0,525	2,60-4,30	9	7,49
4	0,63-0,84	0,735	4,30-6,90	19	15,86
5	0,84-1,05	0,945	6,90-11,2	39	32,50
6	1,05-1,26	1,155	11,2-18,2	23	19,15
7	1,26-1,47	1,365	18,2-29,6	14	11,67
8	1,47-1,68	1,575	29,6-48,0	8	6,66
9	1,68-1,89	1,785	48,0-78,0	3	2,50
				N=120	∑ =!00%

По данным таблиц 5 и 3 построены вариационные кривые по внешнему виду которых (кривые симметричны и имеют колоколообразный вид) можно предположить, что распределение логарифмов содержаний элемента (Co) подчиняется нормальному закону, или, другими словами – содержание кобальта в андезитах согласуется с логнормальным законом.

Поскольку логнормальный закон есть не что иное, как нормальный закон распределения логарифмов содержаний, его параметры находятся (рассчитываются) аналогично параметрам нормального закона распределения (см. раздел 2.1). При этом фоновые и аномальные значения получают, пользуясь таблицей антилогарифмов или с помощью логарифмической линейки и формулам. Для положительных геохимических аномалий это будут:

$$\lg Ca_1 = \lg X + \lg S; \quad \lg Ca_2 = \lg X + 2\lg S; \quad \lg Ca_3 = \lg X + 3\lg S$$

а для аномалий отрицательных:

$$\lg Ca_1 = \lg X - \lg S; \quad \lg Ca_2 = \lg X - 2\lg S; \quad \lg Ca_3 = \lg X - 3\lg S.$$

Однако построение вариационных кривых логарифмов содержаний довольно громоздко и связано с вычислением логарифмов для каждого конкретного содержания, поэтому проще строить вариационные кривые пользуясь конкретными содержаниями, отложенными в логарифмическом масштабе при выбранной величине основания логарифма. Удобно при этом пользоваться специальным бланком, где имеется и обычный масштаб для построения кривых нормального распределения и логарифмический масштаб.

Построение вариационных (дифференциальных) кривых распределения содержаний химических элементов и других величин нашло широкое применение в геологических, геохимических и геофизических исследованиях. Эти кривые позволяют выявлять особенности распределения изучаемых величин и в ряде случаев делать генетические выводы. Однако при этом часто допускается субъективный подход, кривые могут иметь сложный вид и не всегда поддаются однозначной интерпретации. Поэтому в практике геохимических поисковых работ для определения фоновых и аномальных содержание используется графический *метод построения интегральных (кумулятивных) графиков*,

рекомендуемый «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений» (1965, 1989 и др. выпуски).

### 2.3. Использование интегральных графиков

Техника построения интегральных (кумулятивных) кривых (графиков) описана в главе 1. При использовании по оси ординат линейного масштаба интегральная кривая плавно возрастает от 0 до 100 % с перегибом в точке с ординатой 50 %. Абсцисса этой точки называется *медианой* (Me).

Если для построения графика интегральной функции распределения воспользоваться специальной вероятностной бумагой (*т.н. «трафарет Н.К. Разумовского»*), то график соответствующей теоретически нормальному распределению, выразится в виде прямой линии, то есть все точки, характеризующие накопленные частоты содержаний, должны лежать на одной линии. Это свойство интегральных графиков широко используется в практике геохимических поисковых работ для графического определения закона распределения и его параметров.

Если все точки графика лежат на одной линии, то можно сделать вывод о соответствии проверяемого эмпирического распределения с теоретическим (нормальным или логнормальным в зависимости от нулевой гипотезы) и по графику – определить параметры распределения.

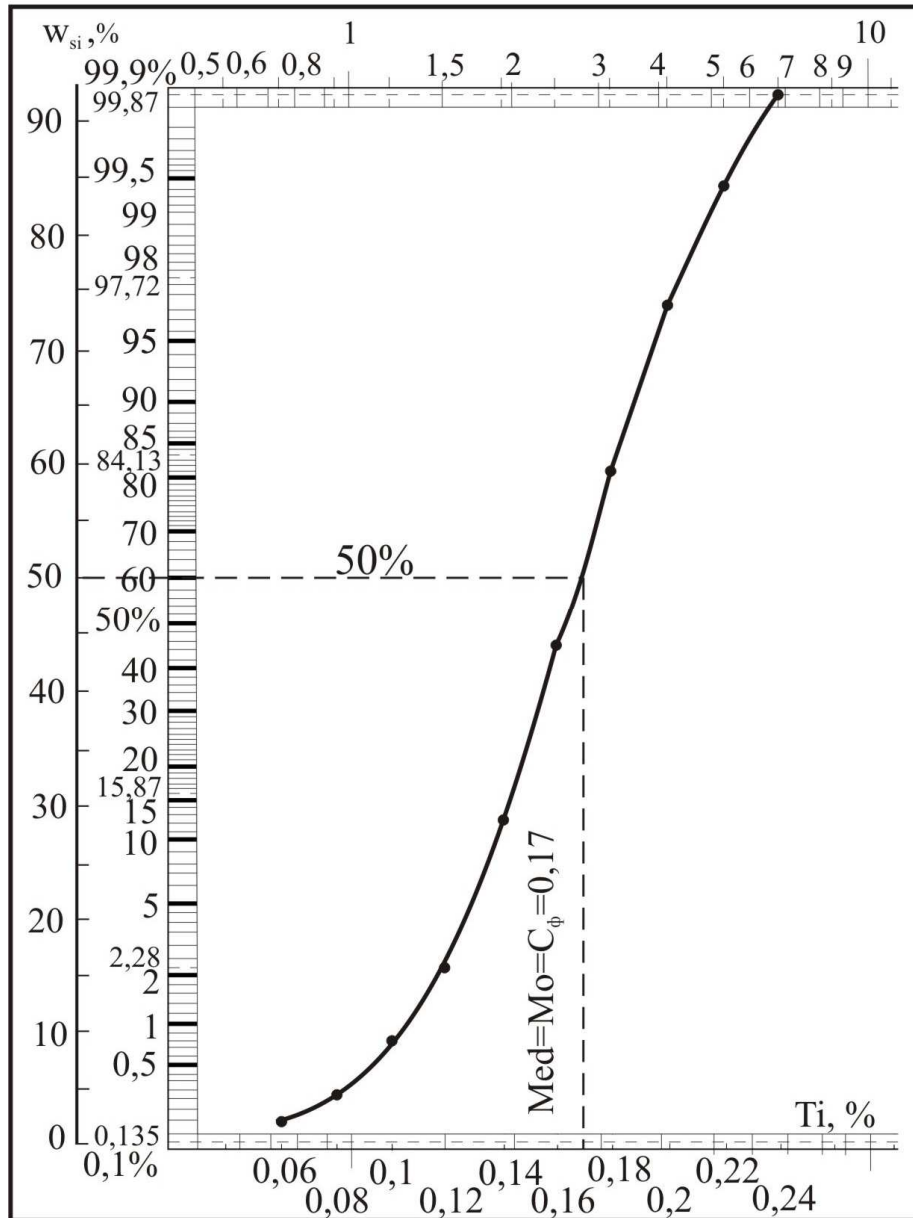


Рис. 7. Интегральный график распределения титана в горнблендитах.

В тех случаях, когда точки накопленных частот не лежат на одной линии, проводится осредняющая линия. Проверка соответствия эмпирического распределения предполагаемому теоретическому закону производится с помощью критерия Колмогорова

$$\lambda = \Delta Y_{\max} * \sqrt{N} / 100 \quad , \quad (27)$$

где  $\lambda$  – критерий Колмогорова;

$\Delta Y_{\max}$  – наибольшее отклонение (в %) эмпирических точек накопленных частот от осредняющей прямой или разность ординат наиболее отходящей эмпирической точки и соответствующей точки на осредняющей прямой;

$N$  – количество проб в выборке.

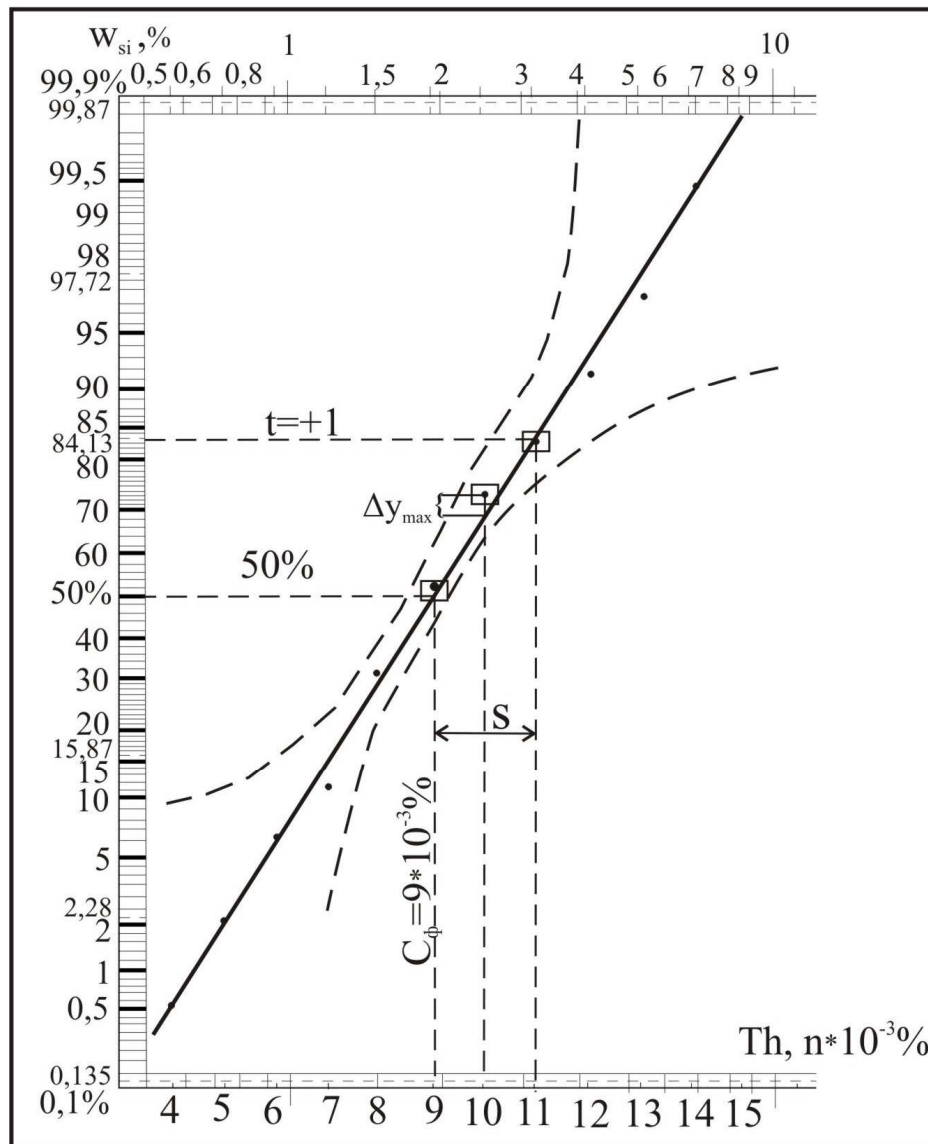


Рис.8. Интегральный график нормального распределения тория в гранитах

Если  $\lambda \leq 1,35$ , то критерий Колмогорова указывает, что отклонение эмпирических точек от осредняющей прямой случайно и рассматриваемая совокупность удовлетворительно описывается проверяемым теоретическим распределением (с вероятностью  $\geq 95\%$ ). В том случае, когда рассчитанная величина  $\lambda > 1,35$ , следует сделать вывод о несоответствии эмпирического распределения теоретическому.

После установления соответствия эмпирического распределения принятому теоретическому, определяются его параметры.

**При нормальном распределении мода (Mo), медиана (Me) и среднеарифметическое (X) равны**, поэтому определив медианное значение содержания химического элемента, получаем один из параметров распределения. Напомним, что медиана определяется абсциссой точки пересечения осредняющей прямой с линией 50% по оси ординат. **Эта же величина принимается за фоновое содержание (C<sub>φ</sub>)** данного химического элемента в изучаемой породе.

**Стандартное отклонение (S)** также определяется графически по разнице абсцисс точек пересечения осредняющей прямой с линией 50% и линией 84,3% .

Зная  $S_f$  и  $S$  и пользуясь ранее приведенными формулами (20, 21, 22, 23), можно рассчитать с различной вероятностью аномальные значения содержания для выделения как положительных, так и отрицательных аномалий.

В тех случаях, когда при построении интегральных графиков эмпирических распределений случается большой разброс точек, затрудняющий проведение осредняющей прямой, для этой цели можно также использовать критерий Колмогорова. Для этого по обе стороны от точек накопленных частостей эмпирического распределения откладывают вертикальные отрезки, вычисляемые по формуле:

$$\Delta y_{\max} = 1,35 / \sqrt{N} \cdot 100 \% \quad (28)$$

Концы этих отрезков соединяют плавными кривыми, ограничивающими область, в середине которой проводится осредняющая прямая. Если такую прямую провести невозможно, то следует сделать вывод, что эмпирическое распределение не согласуется с предполагаемым теоретическим.

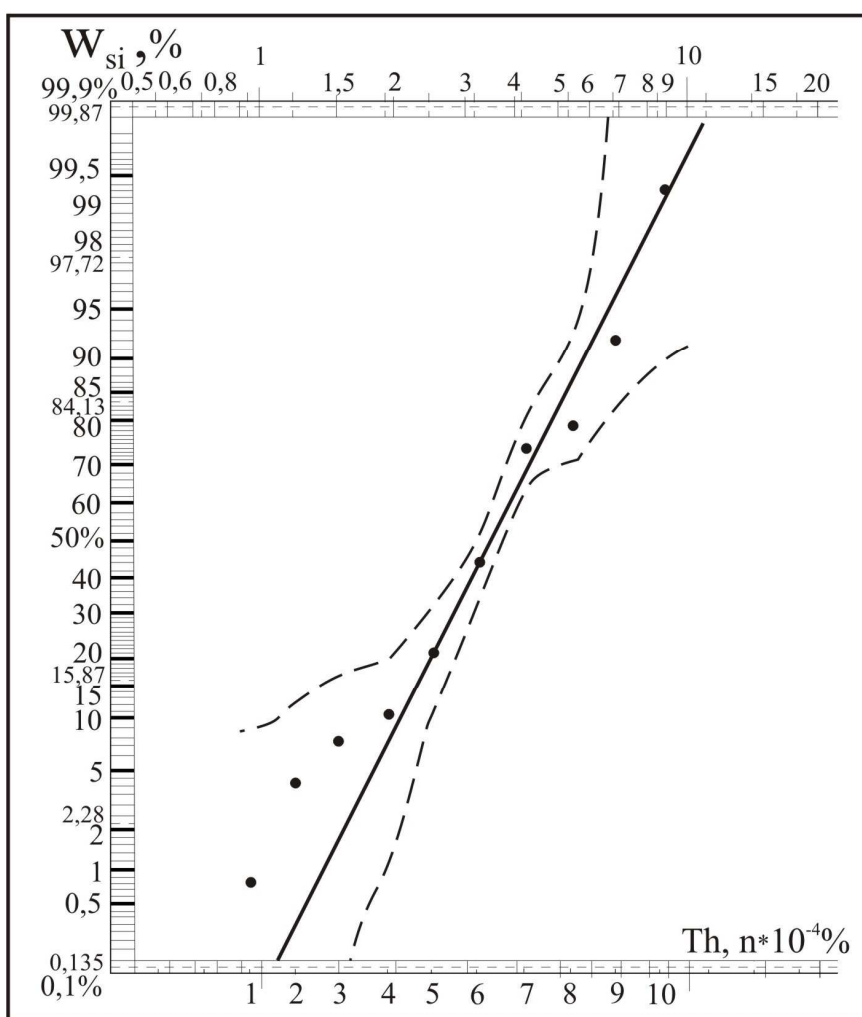


Рис. 9. Интегральный график нормального распределения тория в габбро

Предположим, что при проверке соответствия эмпирического распределения тория в габбро (выборка 225 проб) нормальному закону, разброс точек интегрального графика оказался очень большим (рис. 9). Вычислим величину  $\Delta y_{\max}$  для выборки из 225 проб.

$$\Delta y_{\max} = 1,35 / \sqrt{225} \cdot 100 \% = 9 \%.$$

Отложив вертикальные отрезки величиной 9 % вверх и вниз от эмпирических точек и соединив их концы плавными линиями, получим поле, в котором удовлетворяется критерий Колмогорова. Примерно посередине этого поля проведем осредняющую прямую (рис. 9). Отклонения эмпирических точек от осредняющей линии находятся в допустимых пределах, поэтому можно сделать вывод, что распределение тория в габбро не противоречит нормальному закону распределения ( $Med = Cф = 6,2 \cdot 10^{-4} \% Th, S = 1,8 \cdot 10^{-4} \%$ ).

#### 1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОГНОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Построение интегральных графиков при проверке соответствия эмпирического распределения логнормальному закону производится аналогичным образом, только по оси абсцисс используется логарифмический масштаб (сплошные линии с вынесенными содержаниями в верхней части вероятностного трафарета).

В качестве примера приведем результаты группирования содержаний  $Cu$  в делювиальных отложениях метабазальтов, определенных спектральным приближенно-количественным анализом (табл. 11).

При использовании результатов приближенно-количественного спектрального анализа следует иметь в виду дискретность получаемых содержаний химических элементов, хотя в природе распределение содержаний химических элементов имеет непрерывный характер. К примеру, по данным спектрального анализа мы получаем содержания  $1 \cdot 10^{-3} \%$ ;  $2 \cdot 10^{-3} \%$ ,  $3 \cdot 10^{-3} \%$  и т.д., каждое из этих значений является центром интервалов, в который попадают с равной вероятностью ближайшие несколько большие или меньшие значения содержаний.

Например:

$1 \cdot 10^{-3} \%$	$2 \cdot 10^{-3} \%$
<del>0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5;</del>	<del>1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5;</del>
$3 \cdot 10^{-3} \%$	
<del>2,6; 2,7; 2,8; 2,9; 3,0; 3,1; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5 и т.д.</del>	

При построении интегральных графиков точки накопленных частот мы определяем по конкретным данным результатов спектрального анализа, т.е.  $1 \cdot 10^{-3} \%$ ;  $2 \cdot 10^{-3} \%$ ,  $3 \cdot 10^{-3} \%$  и т.д. таким образом, искажается истинное природное распределение элемента. Так, например, в интервал накопленных частот  $\leq 2 \cdot 10^{-3} \%$  попадают содержания  $> 2 \cdot 10^{-3} \%$  (2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5). Чтобы избежать подобной ошибки вычисляется так называемая исправленная частота. Для этого полученная обычным способом частота ( $W_i$ ) делится пополам, половина ее относится к данному содержанию, вторая половина относится к следующему по возрастанию.

Например, в таблице число проб содержанием  $Cu = 2 \cdot 10^{-3} \%$  составляет 15 (относительная частота 4,69 %), мы имеем право предположить, что половина из этих проб имеет истинное содержание  $\leq 2 \cdot 10^{-3} \%$ , вторая половина  $> 2 \cdot 10^{-3} \%$ , но  $< 3 \cdot 10^{-3} \%$ , поэтому относим 7 проб (2,34 %) к интервалу  $\leq 2 \cdot 10^{-3} \%$ , а 8 проб (2,35 %) к интервалу  $\leq 3 \cdot 10^{-3} \%$ . Таким образом, исправленная частота вычисляется для всех конкретных содержаний элемента, имеющих в исследуемой выборке.

Второй причиной необходимости вычисления исправленных частот является наличие «любимых» и «нелюбимых» цифр в результатах спектрального анализа, появление которых связано с системой эталонов в конкретной спектральной лаборатории.

Из таблицы 10 видно, что «нелюбимых» цифр в приведенном примере нет, но содержания  $7 \cdot 10^{-3} \%$  и  $9 \cdot 10^{-3} \%$  вообще не выделяются спектральной лабораторией. Отсюда следует, что содержания близкие к  $7 \cdot 10^{-3} \%$  распределяются между значениями  $6 \cdot 10^{-3} \%$  и  $8 \cdot 10^{-3} \%$  и т.д. в результате этого происходит искажение интегрального графика природного

распределения. Вычисление исправленных частостей позволяет в некоторой степени уменьшить это искажение и сгладить график эмпирического распределения.

После вычисления исправленных частостей по ним обычным способом определяются накопленные исправленные частости (табл. 11), по которым строится интегральный график логнормального распределения (рис. 10).

Таблица 11

Ряд распределения содержаний меди в делювиальных отложениях metabазальтов

п/п	Содержание меди в $n \cdot 10^{-3}$ %	Количество проб с данным содержанием ( $n_i$ )	Относительные частоты в % (частости)	Исправленные частости, в %		Накопленные исправленные частости ( $W_{si}$ ), в %
	2	3	4	5		6
	«следы»	2	0,62	0,31	0,31	0,31
				0,31	2,65	2,96
	2	15	4,69	2,34		
				2,35	9,69	12,65
	3	47	14,69	7,34		
				7,35	28,91	41,56
	4	138	43,12	21,56		
				21,56	32,65	74,21
	5	71	22,19	11,09		
				11,1	14,69	88,9
	6	23	7,19	3,59		
				3,6	5,94	94,84
	8	15	4,69	2,34		
				2,35	3,76	98,6
	10	9	2,81	1,41		
				1,40	1,40	100
		N= 320	$\Sigma=100$			

В использованном примере точки графика не лежат на одной линии, поэтому для вывода о соответствии распределения логнормальному закону мы используем критерий Колмогорова и рассчитав допустимую величину

$\Delta u_{\max} = 1,35 / \sqrt{320} \cdot 100 \% = 7,55 \%$ , построим ограничивающую область и в ее середине проводим осредняющую прямую. Следовательно, распределение меди в делювиальных отложениях metabазальтов не противоречит логнормальному закону и можно установить

Для целей геохимических поисков важно знать две величины при логнормальном распределении элементов: фоновое содержание ( $C_f$ ) и стандартный множитель ( $\epsilon$ ). Поскольку на вероятностном трафарете по оси абсцисс отложены не логарифмы, а содержания в логарифмическом масштабе, то абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией соответствующей 50 % по оси ординат, дает нам среднее геометрическое значение содержания, которое принимается за геохимический фон.

В нашем примере  $C_f = 4 \cdot 10^{-3} \%$ .

Для целей геохимических поисков важно знать две величины при логнормальном распределении элементов: фоновое содержание ( $C_f$ ) и стандартный множитель ( $\epsilon$ ).



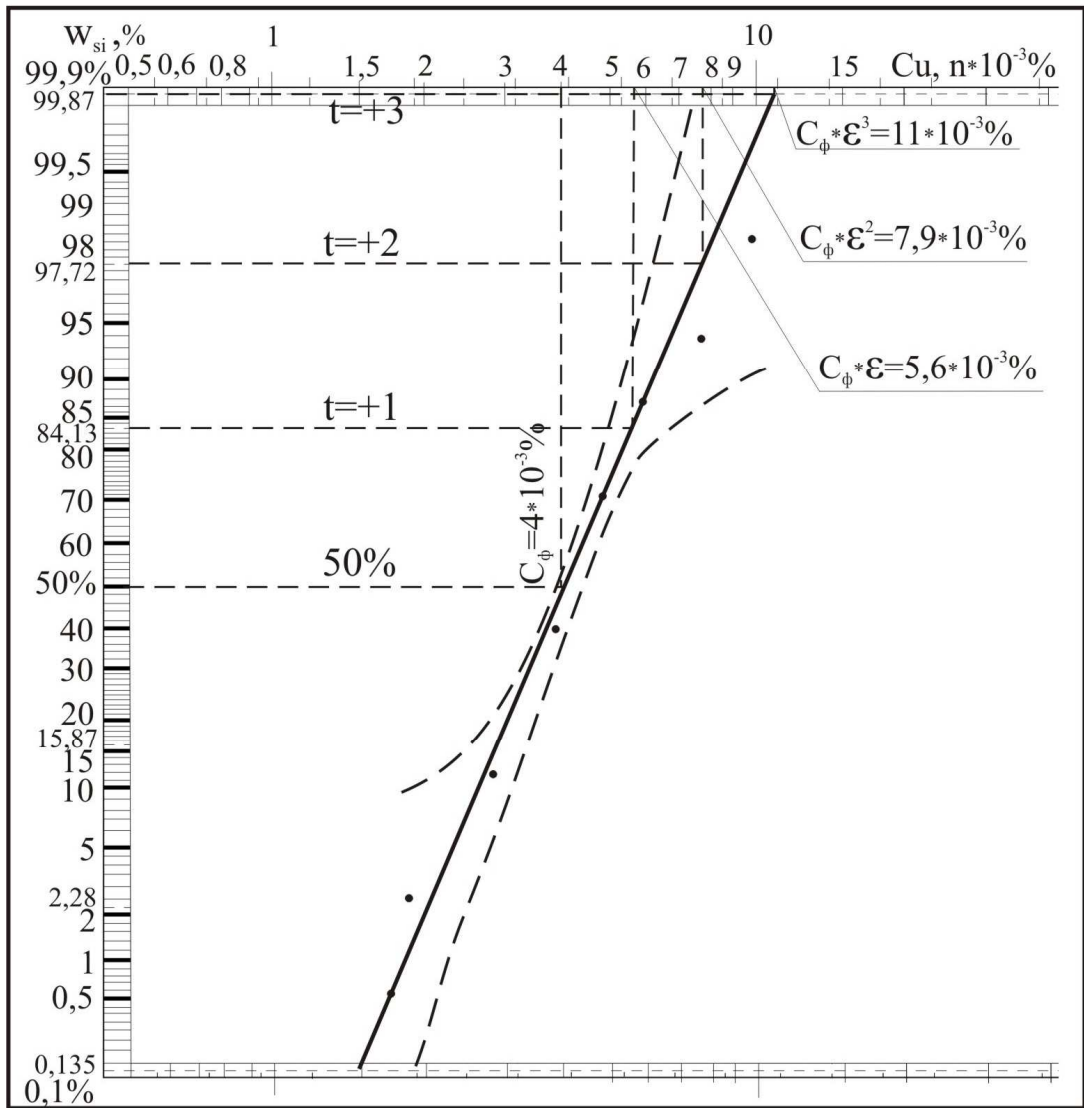


Рис. 10. Интегральный график логарифмически нормального распределения меди в делювии метабазальтов

Поскольку на вероятностном трафарете по оси абсцисс отложены не логарифмы, а содержания в логарифмическом масштабе, то абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией соответствующей 50 % по оси ординат, дает нам среднее геометрическое значение содержания, которое принимается за геохимический фон.

В нашем примере  $C_{\phi} = 4 \cdot 10^{-3} \%$ .

Абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией ординаты  $t = +1$  (84,13 %) соответствует значению  $C_{\phi} \cdot \epsilon$ , из которого мы можем определить  $\epsilon$ .

В нашем примере абсцисса точки пересечения  $C_{\phi} \cdot \epsilon = 5,6 \cdot 10^{-3} \%$ , отсюда  $\epsilon_1 = 5,6 \cdot 10^{-3} \% / 4 \cdot 10^{-3} \% = 1,40$ .

Абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линиями оси ординат  $t = +2$  (97,72 %) и  $t = +3$  (99,87 %) соответственно равны  $C_{\phi} \cdot \epsilon^2$  и  $C_{\phi} \cdot \epsilon^3$ . Из этих величин мы также можем найти  $\epsilon$ .

В рассмотренном примере  $C_{\phi} \cdot \epsilon^2 = 7,9 \cdot 10^{-3} \%$  и  $C_{\phi} \cdot \epsilon^3 = 11 \cdot 10^{-3} \%$ , отсюда  $\epsilon_2 = \sqrt{7,9/4} = 1,41$ ;  $\epsilon_3 = \sqrt[3]{11/4} = 1,41$ .

В случае необходимости можно рассчитать среднюю величину  $\epsilon$  по формуле:

$$\epsilon = \sqrt[3]{\epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3} \quad (29)$$

В нашем примере  $\epsilon = \sqrt[3]{1,40 \cdot 1,41 \cdot 1,41} = 1,41$ .

Зная величины  $C_f$  и  $\epsilon$  и используя ранее приведенные формулы ( ) можно легко определить с заданной вероятностью величины аномальных содержаний для выделения положительных и «отрицательных» аномалий.

В нашем примере для положительных аномалий:

$$Ca_1 = C_f \cdot \epsilon = 4 \cdot 1,41 = 5,64 \cdot 10^{-3} \%;$$

$$Ca_2 = C_f \cdot \epsilon^2 = 4 \cdot 1,41^2 = 7,95 \cdot 10^{-3} \%;$$

$$Ca_3 = C_f \cdot \epsilon^3 = 4 \cdot 1,41^3 = 11,21 \cdot 10^{-3} \%;$$

для «отрицательных» аномалий:

$$Ca_1 = C_f \cdot \epsilon^{-1} = 4 / 1,41 = 2,84 \cdot 10^{-3} \%;$$

$$Ca_2 = C_f \cdot \epsilon^{-2} = 4 / 1,41^2 = 2,01 \cdot 10^{-3} \%;$$

$$Ca_3 = C_f \cdot \epsilon^{-3} = 4 / 1,41^3 = 1,43 \cdot 10^{-3} \%.$$

С помощью интегрального графика можно определить наиболее вероятное содержание, соответствующее градации «следы» по результатам спектрального анализа (табл. 11). Для этого осредняющая прямая продолжается в сторону малых значений накопленных частот и абсцисса точки пересечения этой прямой с горизонтальной линией соответствующей накопленной частоте «следы» даст нам содержание, значения меньше которого классифицируются как «следы».

В нашем примере (рис. 10) относительная частота, соответствующая градации «следы»  $\leq 0,62 \approx 1,7 \cdot 10^{-3} \%$ .

## 2. Аналитические методы определения закона распределения

Графические способы определения параметров распределения просты, наглядны, не требуют трудных вычислений и обладая точностью, достаточной при использовании результатов приближенно-количественных спектральных анализов нашли широкое применение в практике геохимических работ. Однако по существу это качественные способы, так как вопрос о сходстве эмперического и теоретического распределения решается субъективно, а это может привести к ошибкам, в особенности при небольшом объеме выборок. Поэтому при объеме выборки менее 50-60 значений этим способом пользоваться не рекомендуется (Каждан, 1990). При обработке результатов геохимических работ объемы выборок достаточно большие достигающие тысяч проб, поэтому графические методы и рекомендованы в «Инструкции..., 1983».

Для выборок меньшего объема или при использовании результатов точных анализов (химических, количественных спектральных, рентгеноспектральных и др.) целесообразнее применять более точные аналитические методы, в частности способ, основанный на расчете показателей асимметрии и эксцесса.

### 2.1. Определение законов распределения с помощью оценок асимметрии (A) и эксцесса (E)

Этот способ основан на том, что показатели асимметрии (A) и эксцесса (E) при нормальном законе распределения равны 0, а их оценки вычисляются по формулам:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 \cdot n_i}{(N \cdot S^3)} \quad (29)$$

$x_i$  - содержания элемента в отдельных пробах (для несгруппированных данных) или середина  $i$ -ого интервала (для сгруппированных данных);

$\bar{x}$  – среднее арифметическое содержание;  
 $n_i$  – количество проб в данном интервале (частота);  
 $N$  – общее количество проб в выборке;  
 $S$  – стандартное отклонение.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i \cdot n_i)}{N} \quad (30)$$

$$S = \sqrt{S^2} \quad (31)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i}{(N-1)} \quad (32)$$

$$E = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4 \cdot n_i}{(N \cdot S^4)} \right] - 3 \quad (33)$$

В качестве критерия соответствия эмпирических распределений нормальному используют отношения показателей асимметрии и эксцесса к их стандартным отклонениям:

$$\sigma_A = \sqrt{6/N} \quad (34)$$

$$\sigma_E = \sqrt{24/N} \quad (35),$$

где  $N$  - общее количество проб в выборке.

Для нормального распределения вероятность того, что значение этих отношений будет отличаться от математического ожидания (среднего значения) больше чем на 3 стандартных отклонения, очень мала ( $=0,001$ ). Если эти отношения по абсолютной величине превышают 3, то гипотеза о нормальном распределении отвергается. Таким образом, эмпирическое распределение согласуется с нормальным законом, если соблюдаются неравенства:

$$\left| A / \sigma_A \right| \leq 3 \quad (36)$$

$$\left| E / \sigma_E \right| \leq 3 \quad (37)$$

Если хотя бы одно из этих неравенств не соблюдается, следует сделать вывод, что эмпирическое распределение не согласуется с нормальным законом.

В этом случае следует проверить гипотезу о логнормальном распределении. Проверка этой гипотезы производится путем вычисления оценок асимметрии и эксцесса кривой распределения логарифмов содержаний и определения их значимости по вышеописанной методике.

## 2.2. Проверка закона распределения с помощью критерия Пирсона

Другим расчетным методом определения закона распределения является использование  $X^2$ - критерия Пирсона. Сущность метода заключается в том, определяются параметры эмпирического распределения ( $x$  и  $S$  при проверке на нормальный закон и  $\lg x$  и  $S_{\lg}$  – при проверке на логнормальный закон распределения), и, исходя из предполагаемой (нулевой) гипотезы, с помощью этих параметров путем нормирования и использования специальных таблиц (см. Приложение ) рассчитывается теоретическое количество проб  $n^0_i$  в каждом интервале при данных параметрах распределения. Полученные значения  $n^0_i$  сравниваются поинтервально с количеством проб  $n_i$  эмпирической выборки. Если различия отсутствуют, то следует признать, что эмпирическая выборка согласуется с проверяемым законом распределения. Если же различия существуют, то вычисляется критерий Пирсона по формуле:

$$X^2 = \sum (n_i - n^o_i)^2 / n^o_i \quad (38)$$

где  $i$  – номер интервала;

$k$  – число интервалов, на которое разделена выборка;

$n_i$  – число проб, попавших в  $i$  – вый интервал;

$n^o_i$  – теоретическое число проб, которое должно быть в  $i$ -интервале при правильности нулевой гипотезы о соответствии проверяемому закону распределения.

Полученная величина  $X^2$  сравнивается с табличными значениями  $X^2_{\text{табл}}$  при заданном уровне значимости  $q$  (обычно  $q$  принимается равным 5 %) и данным числе степеней свободы  $f$ . Число степеней свободы в случае, если оценка параметров (среднее содержание и стандартное отклонение или их логарифмы, т.е.  $\lg x$  и  $S \lg$ ) вычисляются по данным исследуемой выборки, определяется по формуле:

$$f = k - 3 \quad (39)$$

где  $k$  – число интервалов, на которое разделена выборка.

Если вычисленное значение  $X^2$  не превышает табличное значение  $X^2_{q,f}$ , то исследуемое распределение следует признать согласным с проверяемым законом распределения, и наоборот.

В случае отсутствия соответствующих таблиц, величину  $X^2$  можно оценить по методу В.И. Романовского (1947), который предложил считать расхождение между теоретическим и фактическим (т.е. эмпирическим) распределением неслучайным (значимым) если

$$[X^2 - f] / \sqrt{2f} \geq 3 \quad (40)$$

где  $f$  – число степеней свободы.

Таким образом, если величина, рассчитанная по формуле Романовского  $< 3$ , то нулевая гипотеза о соответствии эмпирического распределения с проверяемым теоретическим подтверждается, если же эта величина  $\geq 3$ , то следует противоположный вывод.

Более подробно с проверкой закона распределения с помощью критерия Пирсона рассматривалась в курсе «Математические методы моделирования в геологии».

## 4. Определение корреляционной связи между содержаниями элементов

### 4.1. Выборочный коэффициент вариации

При геологических исследованиях, в том числе в практике геохимических поисков, широко используется установление связи между содержаниями химических элементов в различных геологических телах – в почвах, растениях, крах выветривания, коренных породах, в подземных водах, первичных и вторичных ореолах, рудах. С помощью определения этой связи выделяются элементы-индикаторы для поисков различных видов полезных ископаемых, изучаются пути миграции элементов в различных природных средах, исследуется зональность в распределении элементов в пределах геохимических ореолов, определяется уровень эрозионного среза объектов поисков, выявляется стадийность рудообразования, решаются многие другие вопросы.

Мерой зависимости между случайными величинами  $x$  и  $y$  (в нашем случае содержаниями каких-либо химических элементов в одних и тех же пробах) является **коэффициент корреляции  $\rho$** , который может колебаться от  $+1$  до  $-1$ . В случае  $\rho = +1$  имеется прямая положительная связь, т.е. с увеличением содержания одного элемента увеличивается содержание другого элемента. При  $\rho = -1$  существует отрицательная связь, при которой с увеличением содержания одного элемента содержание другого непрерывно убывает. Если  $\rho = 0$ , связь между исследуемой парой элементов отсутствует.

Корреляция может быть прямолинейной, когда изменениям содержаний одного элемента соответствуют равные (пропорциональные) изменения содержаний другого элемента, и криволинейной, когда равным изменениям содержаний одного элемента могут соответствовать любые (равные и неравные, увеличивающиеся и уменьшающиеся) содержания другого элемента.

В связи с ограниченностью количества проб, имеющегося в нашем распоряжении, при вычислении коэффициента корреляции исследователь получает не истинную величину  $\rho$ , а его оценку  $\Gamma$  – так называемый *выборочный коэффициент корреляции*. у же закону распределения

При вычислении коэффициента корреляции между содержаниями двух элементов *необходимо, чтобы распределение этих содержаний соответствовало одному и тому же закону распределения* (нормальному или логнормальному). Коэффициент корреляции определяется только по взаимно связанным парам содержаний элементов, взятым из одних и тех же проб. Следует иметь в виду, что коэффициент корреляции определяет только величину связи между элементами, не объясняя причину этой связи, которую следует искать в геохимических свойствах исследуемых элементов и в особенностях конкретной геологической обстановки.

#### 4.1. Вычисление выборочного коэффициента корреляции

При вычислении выборочного коэффициента корреляции  $\Gamma$  могут быть использованы следующие две формулы:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N-1)S_x S_y}, \quad (41)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  – эмпирические содержания первого и второго элементов в пробах;

$\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние арифметические значения содержания указанных элементов;

$S_x$  и  $S_y$  – статистические оценки стандартных отклонений;

$N$  – число проб в выборке.

Первая формула применяется для определения коэффициента корреляции в том случае, когда предварительно определяется закон распределения обоих элементов, т.е. для каждой конкретной пары известны величины  $x_i - \bar{x}$  и  $y_i - \bar{y}$ .

В качестве примера рассчитаем выборочный коэффициент корреляции между содержаниями молибдена и урана, полученных при опробовании эндогенного (первичного) ореола одного из месторождений (табл.12). Предварительно с помощью оценок асимметрии и эксцесса было установлено, что распределение этих элементов согласуется с нормальным законом распределения с параметрами:  $\bar{x} = 7,9 \cdot 10^{-3}\%$  и  $S_x = 4,9 \cdot 10^{-3}\%$  для молибдена и  $\bar{y} = 7,2 \cdot 10^{-3}\%$  при  $S_y = 3,24 \cdot 10^{-3}\%$  для урана. При расчете величин  $(x_i - \bar{x})$  и  $(y_i - \bar{y})$  и их суммы обязательно должен быть учтен знак.

Таблица 12

Расчет выборочного коэффициента корреляции между молибденом и ураном ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ) по формуле

№№ пп	Содержание молибдена	Содержание урана	$x_i - x$	$y_i - y$	$(x_i - x) \cdot (y_i - y)$
1	10	8	+2,1	+0,8	+1,59
2	3	5	-4,9	-2,2	+10,80
3	15	6	+7,1	-1,2	-8,62
4	20	15	+12,1	+7,8	+94,70
5	8	10	_0,1	+2,8	+0,28
6	5	6	-2,9	-1,2	+3,48
7	2	3	-5,9	-4,2	+24,70
8	5	8	-2,9	+0,8	-2,32
9	7	10	-0,9	+2,8	-2,52
10	1	2	-6,9	-5,2	+35,80
11	10	6	+2,1	-1,2	-2,52
12	8	5	+0,1	-2,2	-0,22
13	6	6	-1,9	-1,2	+2,28
14	10	10	+2,1	+2,8	+5,88
15	8	8	+0,1	+0,8	+0,08
N=15					+163,39

Подставив в формулу ( ) все полученные значения получаем

$$R = 163,39 / (14 \cdot 4,9 \cdot 3,24) = +0,735$$

Вторая формула используется для расчета выборочного коэффициента корреляции в тех случаях, когда законы распределения величин  $x$  и  $y$  известны заранее или предполагаются. Формула имеет следующий вид:

$$r = (xy - x \cdot y) / S_x \cdot S_y \quad (42)$$

$$\text{где } xy = \sum(x \cdot y) / N; \quad x = \sum x_i / N; \quad y = \sum y_i / N; \quad S_x = \sqrt{x^2 - (x)^2}; \quad S_y = \sqrt{y^2 - (y)^2}; \\ x^2 = \sum x_i^2 / N; \quad y^2 = \sum y_i^2 / N$$

Порядок вычислений  $r$  по формуле (42) приведен в таблице 13, где использованы вышеприведенные данные по содержаниям молибдена и урана.

Таблица 13

Расчет выборочного коэффициента корреляции между молибденом и ураном ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ) по формуле

№№ пп	Содержание молибдена	Содержание урана	$X_i^2$	$Y_i^2$	$X_i \cdot Y_i^2$
1	10	8	100	64	80
2	3	5	9	25	15
3	15	6	225	36	90
4	20	15	400	225	300
5	8	10	64	100	80
6	5	6	25	36	30
7	2	3	4	9	6
8	5	8	25	64	40
9	7	10	49	100	70
10	1	2	1	4	2
11	10	6	100	36	60
12	8	5	64	25	40
13	6	6	36	36	36
14	10	10	100	100	100
15	8	8	64	64	64

N=15	$\Sigma= 118$	$\Sigma= 108$	$\Sigma= 1266$	$\Sigma= 924$	$\Sigma= 1013$
------	---------------	---------------	----------------	---------------	----------------

$$x = 118:15=7,9; \quad y= 108:15=7,2; \quad x^2 = 1266:15 = 84,41; \quad y^2= 924:15 = 61,66:$$

$$x*y = 1013:15 = 61,7$$

$$S_x=\sqrt{(84,4-7,9^2)}=\sqrt{22} = 4,7; \quad S_y = \sqrt{(61,6-7,2^2)} = \sqrt{9,8} = 3,13$$

$$R = (67,7-7,9*7,2): (4,7*3,13) \approx 0,735$$

При логнормальном распределении содержаний элементов для вычисления коэффициента корреляции используют те же формулы, только вместо величин  $x_i, y_i, x, y, S_x$  и  $S_y$  подставляют значения  $\lg x_i, \lg y_i, \lg x, \lg y, S_{x \lg}, S_{y \lg}$ . Способ вычисления остается прежним.

После вычисления выборочного коэффициента корреляции необходимо оценить его значимость, то есть решить вопрос о том, значимо ли его отличие от нуля. Если это отличие значимо, то связь между элементами считается установленной независимо от того, положительная она или отрицательная. Если же отличие от нуля не значимо, то делается вывод об отсутствии связи между элементами исследуемой пары.

Для определения значимости  $r$  можно воспользоваться специальными таблицами критических значений коэффициента корреляции

#### 4.2. Частная корреляция

Выборочный коэффициент корреляции не всегда отражает истинную силу связи между двумя компонентами ( $X$  и  $Y$ ). В отдельных случаях на его величину значительное влияние может оказать третий компонент ( $Z$ ), тесно связанный с двумя исследуемыми в отдельности, в силу чего между ними появляется корреляционная связь.

Чтобы уточнить коэффициент корреляции между исследуемыми компонентами, необходимо исключить влияние третьего или других компонентов. Для этого может быть вычислен коэффициент частной корреляции по формуле:

$$R_{xy,z} = (R_{xy} - R_{xz} * R_{yz}): \sqrt{(1-R_{xz}^2)*(1-R_{yz}^2)}$$

Допустим, по пробам, приведенным в таблице (в разделе 4.1), кроме  $t_{Mo,U}=0,735$  были рассчитаны коэффициенты корреляции  $r_{Mo,Pb}=0,530$  и  $r_{U,Pb}=0,820$ . Определим коэффициент корреляции между молибденом  $t$  ураном за вычетом влияния свинца на эти элементы по вышеприведенной формуле:

$$R_{Mo,U;Pb} = (0,735 - 0,530*0,820): \sqrt{(1-0,530^2)*(1-0,820^2)} = 0,622$$

Как видим, величина коэффициента корреляции между  $Mo$  и  $U$  существенно изменилась за счет учета влияния на эти элемента свинца.

Определение значимости частных коэффициентов корреляции производится обычными методами. Особенность заключается в том, что число степеней свободы вычисляется по формуле:

$$f = N-2-K \quad (43)$$

где  $K$  – число исключенных факторов.

#### 4.3. Вычисление коэффициента ранговой корреляции Спирмена

Описанный выше способ расчета парного линейного коэффициента корреляции применяется, когда в расчетах используются данные количественных анализов. В случае полуколичественных, а иногда и качественных анализов может быть рассчитан коэффициент ранговой корреляции или порядковый коэффициент корреляции ( $\rho$ ).

Если не удастся проверить гипотезу о соответствии эмпирического закона распределения определенному теоретическому закону из-за малого количества данных (или распределение существенно отличается от нормального закона и не поддается нормализации), то для проверки гипотезы о наличии корреляционной связи можно использовать коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Если пронумеровать объекты, упорядоченные по какому либо признаку, то такая совокупность называется ранжированной. Для этого содержаниям исследуемых компонентов присваивают предварительные порядковые номера от 1 до N по возрастанию содержаний. Затем пробам, имеющим одинаковые содержания, дается исправленный номер, равный среднему арифметическому из их предварительных номеров. Для проб, содержание в которых не повторяется, номер остается прежним. После присвоения исправленных номеров по каждой пробе вычисляется разность ( $\Delta$ ) между исправленными номерами обоих компонентов, которая затем возводится в квадрат ( $\Delta^2$ ). Сумма квадратов разностей исправленных номеров ( $\Sigma\Delta^2$ ) используется для определения коэффициент ранговой корреляции ( $\rho$ ) по формуле:

$$\rho = 1 - [6 \cdot (\Sigma\Delta^2 + T_x + T_y) / N \cdot (N^2 - 1)] \quad (44)$$

где  $\Delta^2$  – квадрат разности исправленных номеров;  
 N – количество проб в выборке;  
 $T_x$  – поправка на повторяемость содержаний первого компонента;  
 $T_y$  – поправка на повторяемость содержаний второго компонента.

Поправки для каждого элемента определяются по формуле:

$$T = \Sigma[(t_i^3 - t_i) / 12] \quad (45)$$

где  $t_i$  – количество проб с тем или иным содержанием.

В тех случаях, когда содержания ни одного из компонентов не повторяются в выборке, поправки равны 0 и формула ( ) приобретает вид

$$\rho = 1 - [6 \Sigma\Delta^2 / N \cdot (N^2 - 1)] \quad (46)$$

В качестве примера приведем расчет коэффициента ранговой корреляции между содержаниями хрома и никеля в метаморфизованных базальтах Полярного Урала (табл. 14).

Таблица 14

Расчет коэффициента ранговой корреляции между содержаниями хрома и никеля

№№ проб	Содержание хрома, в $n \cdot 10^{-3} \%$	Порядковый номер		Содержание никеля, в $n \cdot 10^{-3} \%$	Порядковый номер		Разность порядковых исправленных номеров ( $\Delta$ )	Квадрат разности исправленных номеров ( $\Delta^2$ )
		Предварительный	исправленный		предварительный	исправленный		
1	10	5	6,5	5	8	8,5	2	4
2	20	10	11,5	18	11	12	0,5	0,25
3	2	1	1	2	2	2	1	1
4	20	11	11,5	18	12	12	0,5	0,25
5	40	14	14	20	14	14	0	0
6	10	6	6,5	3	3	4,5	2	4
7	5	2	2	1	1	1	1	1
8	20	12	11,5	10	10	10	1,5	2,25
9	10	7	6,5	3	4	4,5	2	4
10	9	4	4	3	5	4,5	0,5	0,25
11	15	9	9	5	9	8,5	0,5	0,25
12	20	13	11,5	18	13	12	0,5	0,25



13	7	3	3	4	7	7	4	16
14	10	8	6,5	3	6	4,5	2	4

$$\Sigma \Delta^2 = 37,5$$

Для вычисления поправок на повторяемость содержаний составляются таблицы (2,3) на основании которых рассчитываются поправки  $T_{Cr}$   $T_{Ni}$  по формуле ( )

Таблица 15

Определение поправок на повторяемость содержаний хрома

Номер по порядку (i)	1	2
Содержание хрома, в $n \cdot 10^{-3} \%$	10	20
Количество проб с повторяющимся содержанием ( $t_i$ )	4	4

Таблица 16

Определение поправок на повторяемость содержаний цинка

Номер по порядку (i)	1	2	3
Содержание никеля, в $n \cdot 10^{-3} \%$	3	5	18
Количество проб с повторяющимся содержанием ( $t_i$ )	4	2	3

$$T_{Cr} = [(4^3-4)+(4^3-4)] / 12 = (60+60) / 12 = 10$$

$$T_{Ni} = [(4^3-4) + (2^3-2) + (3^3-3)] / 12 = (60+6+24) / 12 = 7,5$$

С учетом поправок определяем коэффициент ранговой корреляции по формуле  $\rho_{Cr-Ni} = 1 - [6 \cdot (37,5 + 10 + 7,5) / 14 \cdot (14^2 - 1)] = 1 - (6 \cdot 55 / 14 \cdot 195) = 0,88$

Величина  $\rho$  должна быть оценена с точки зрения ее значимости. Для этого воспользуемся формулой

$$|\rho| \geq 1,96 / \sqrt{N-1} \quad (47)$$

Если  $\rho$  независимо от знака по абсолютной величине больше или равен  $1,96 / \sqrt{N-1}$ , то связь считается значимой, если меньше – корреляционная связь между исследуемыми компонентами отсутствует.

Для приведенного примера величина  $1,96 / \sqrt{N-1} = 1,96 / \sqrt{13} = 0,54$ ; то есть  $|\rho| = 0,88 > 0,54$  и можно сделать вывод, что коэффициент ранговой корреляции между хромом и никелем в метаморфизованных базальтах Полярного Урала значим.

#### 4.4. Интерпретация значений коэффициента корреляции

По модулю  $r$  выделяют группы по силе связи:

$0 <  r  \leq 0,25$	отсутствие связи;
$0,25 <  r  \leq 0,5$	слабая связь;
$0,5 <  r  \leq 0,75$	средняя связь;
$0,75 <  r  \leq 0,9$	сильная связь;
$0,9 <  r  \leq 1,0$	очень сильная связь, близкая к функциональной.

Если два минерала-носителя двух коррелируемых компонентов образуются одновременно или сингенетичным путем эвтектики, то коэффициент корреляции компонентов всегда имеет положительный знак при сильной или очень сильной связи (генетическая связь).

Если два минерала носителя двух коррелируемых компонентов метасоматически замещают друг друга, то корреляция всегда отрицательная при сильной или очень сильной связи (генетическая связь).

Если корреляционная зависимость между элементами слабая или отсутствует, то связь между элементами, как и между их минералами-носителями парагенетическая.

Средняя по силе связь не имеет однозначной интерпретации.

Если установлена сильная положительная связь между геохимическими спектрами, то они принадлежат одному объекту или близким по генезису геологическим образованиям.

Если между геохимическими спектрами корреляционная зависимость слабая или отсутствует, то они принадлежат разным по генезису объектам.

Если связь между геохимическими спектрами средняя, то интерпретация неоднозначна, возможны разные варианты.

#### 4.5. Уравнение регрессии

При тесной корреляционной связи между двумя компонентами, близкой к линейной, можно по содержанию одного компонента приближенно определять содержание другого. Для этого рассчитывается так называемое *уравнение регрессии*, которое в случае двух переменных (X и Y) имеет форму  $y = a + b \cdot x$ . Величины *a* и *b* можно получить по формулам (У. Крамбейн и др., 1973):

$$b = [N(\sum(x_i \cdot y_i) - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i)) : [N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2] \quad ; \quad (47)$$

$$a = [(\sum y_i - b \cdot (\sum x_i)) : N \quad (48)$$

В качестве примера используем распределение молибдена и урана. Подставив соответствующие значения получаем:

$$b = [15 \cdot (1013) - (118 \cdot 8)] : [15 \cdot (1266) - 118^2] = 0,485$$

и

$$a = (108 - 0,485 \cdot 118) : 15 = 3,38$$

Уравнение регрессии в данном случае имеет вид:  $y = 3,38 + 0,485x$ , где *y* – содержание урана, *x* – содержание молибдена в одной и той же пробе. Таким образом, с помощью уравнения регрессии можно приближенно рассчитать возможное содержание урана, зная конкретное содержание молибдена. Однако при этом в реальности отклонения могут быть значительными, поскольку *уравнение регрессии отражает только тенденцию изменения изучаемых величин* и наиболее хорошие результаты получаются при величине коэффициента корреляции близкой к 1.

#### 5. Показатели, используемые при изучении геохимических аномалий

Геохимические аномалии, выявляемые в процессе поисковых работ являются поисковыми признаками месторождений. Однако лишь часть аномалий принадлежит к разряду «рудных», непосредственно связанных с рудными объектами. Больше число выявленных аномалий, как правило, безрудные (так называемые «породные»), или возникшие на геохимических барьерах, либо техногенные. Многочисленны причины образования аномалий. Знание условий их формирования, а также приемов надежного их

выявления, разбраковки и последующей оценки позволяет наиболее объективно выполнить весьма ответственный завершающий этап геохимических поисков.

При выделении, изучении и оценке геохимических аномалий решающее значение имеет анализ геохимических данных. Вместе с тем эти исследования невозможны без математической обработки полученной информации. Такой подход позволяет применить к оценке геохимических аномалий (ореолов) ряд числовых характеристик (показателей). Среди них:

- нижнее аномальное значение (содержание);
- показатели относительной концентрации химических элементов;
- градиент концентрации;
- вариационный размах;
- коэффициент вариации;
- коэффициент корреляции;
- показатели количественной оценки ореолов (продуктивность, прогнозные ресурсы);
- показатели зональности и оценки глубины эрозионного среза ореолов, рудных тел;
- пространственные характеристики геохимических ореолов.

Рассмотрим некоторые из них, не рассмотренные ранее в разделах 1 и 2 настоящего методического пособия.

Показатели относительной концентрации химических элементов включают *кларк концентрации, коэффициент концентрации, коэффициент аномальности, показатель концентрации, показатель контрастности.*

### **5.1. Кларк и коэффициент концентрации**

Кларк концентрации (КК) введен В.И. Вернадским и выражается через отношение содержания химического элемента в природном объекте ( $Cэ$ , или  $C_i$ ) к его кларковому содержанию ( $Cк$  или просто  $K$ ), то есть

$$КК = Cэ/К \quad (49)$$

В качестве кларков обычно используют таблицы средних содержаний (кларков) химических элементов в горных породах различного состава по А. П.Виноградову [ ], в последние десятилетия чаще используются кларки ИМГРЭ (прил. ), или региональные (т.н. «местные») кларки (для Урала – это таблица кларков Г. А. Вострокнута. См. Прил ).

Кларки концентрации позволяют определять геохимическую и металлогеническую специализацию пород, магматических комплексов, осадочных, магматических и метаморфических формаций; выявлять элементы-индикаторы оруденения, устанавливать геохимические спектры проявлений и месторождений. Знание кларков концентрации элементов помогает более эффективно решать геохимические проблемы миграции (рассеяния, концентрирования) элементов в почвах и породах различного состава; при выяснении роли геохимических барьеров в формировании месторождений полезных ископаемых.

Недостатком этого геохимического показателя является его независимость от провинциальных и региональных геохимических особенностей. Поэтому в практике геохимических работ целесообразнее использовать не кларковый, а фоновый уровень содержаний элементов, рассчитывая в этом случае коэффициент концентрации.

Коэффициент концентрации ( $Кк$ ) отражает во сколько раз содержание химического элемента в объекте исследований больше или меньше фонового

$$Кк = C_i / C_f.$$

Этот показатель учитывает региональное распределение элементов и ошибки аналитических определений. Коэффициент концентрации позволяет выявлять геохимические спектры рудных объектов (месторождений, рудопроявлений, пунктов минерализации) и геохимических аномалий, выделять элементы-индикаторы.

#### ПОСТРОЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ И ИХ КОРРЕЛЯЦИЯ

В большинстве случаев рудные месторождения имеют многоэлементный состав и должны оцениваться по комплексу элементов. Особенно важно изучение концентрированного состояния, отображаемого в геохимических спектрах месторождений полезных ископаемых.

Геохимический спектр объекта – «графическое изображение его химического состава, определенным образом упорядоченное и представленное в форме, удобной для сравнения с другими объектами». Такое упорядочение может быть представлено и табличной формой выражения ассоциаций химических элементов.

Геохимический спектр какого-либо геологического объекта представляют ассоциации типоморфных химических элементов. Для геохимических спектров горных пород такими являются ассоциации акцессорных элементов. Для рудных объектов и аномалий – ассоциации рудных и сопутствующих им элементов. К типоморфным относятся элементы, у которых  $KK$  (для горных пород) и  $Kk$  (для руд и аномалий) в «n» раз превышают 1. При количественной основе анализа  $n \geq 1,3-1,5$ ; при приближенно-количественном -  $n \geq 3-5$ .

Наглядной формой выражения геохимического спектра является круговая диаграмма (рис. ). Центр диаграммы соответствует 0, круг – 1. Отложение  $KK$  или  $Kk$  по лучу для каждого элемента осуществляется в логарифмическом масштабе (десятичных логарифмов). Для удобства визуального сопоставления диаграмм различных типов объектов расположение элементов на диаграммах одного типа (неизменные горные породы, метаморфически преобразованные породы, рудные объекты и аномалии) следует осуществлять в одной последовательности. Размеры диаграмм зависят от выбранного модуля построения (отрезка изображения одного десятичного порядка) и величин  $KK$  или  $Kk$ .

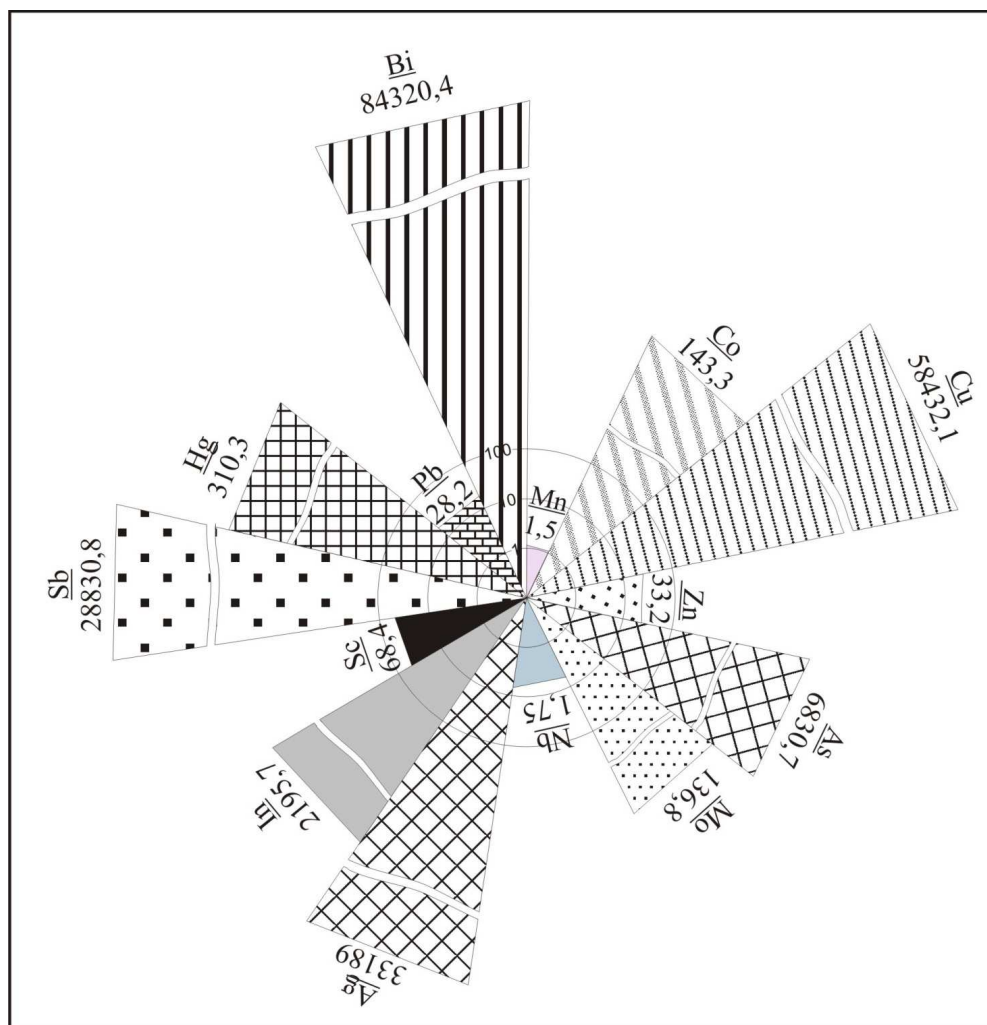


Рис.1. Геохимический спектр густовкрапленных сульфидных руд

Частным случаем коэффициента концентрации служит **коэффициент аномальности** ( $K_A$ ) применительно к содержаниям химических элементов, он отражает степень концентрации химического элемента в аномалии ( $C_a$ ) по отношению с геохимическим фоном (Беус, Григорян, 1975):

$$K_A = C_a / C_f \quad (50)$$

**Показатель концентрации** ( $P_k$ ) отражает отношение содержания элемента в породах или рудах ( $C_i$ ), а также в аномалиях и ореолах к нижнему аномальному содержанию:

$$P_k = C_i / C_a \quad (51)$$

$P_k$  фиксирует степень концентрации элементов в природных объектах при их сравнительном изучении.

**Показатель контрастности** ореола  $K$  предложен А. П. Солововым:

$$K = (C_{max} - C_f) : (C_f + 3S)$$

где  $C_f + 3S$  – нижнее аномальное содержание ( $C_{a1}$ )

$C_f$  – медианное значение фона;

$S$  – стандартное отклонение.

Показатель контрастности по зволяет выбирать наиболее контрастные (относительно более богатые) ореолы при их сравнительной оценке.

**Градиент концентрации** ( $K_r$ ) характеризует изменение концентрации элемента (группы элементов) в определенном направлении, приходящееся на единицу длины. Максимальная величина градиента устанавливается вкрест изолиний, например, изоконцентрат (в первом приближении перпендикулярно поверхности контакта рудного тела с вмещающими породами).

Падение концентраций в ореолах обычно идет по экспоненте, поэтому графики концентрации, построенные в полулогарифмической системе координат, имеют линейный вид. В зависимости от величины  $K_r$  эти графики образуют различные углы наклона ( $\alpha$ ). Численно градиент концентрации измеряется тангенсом острого угла  $\alpha$ , образованного графиком распределения концентраций элементов в ореоле с осью абсцисс:

$$K_r = \operatorname{tg} \alpha \quad (52)$$

Градиент концентрации является функцией многих переменных, влияние которых практически невозможно учесть. В то же время сравнительное изучение градиентов концентрации различных элементов – индикаторов позволило в свое время С.В. Григоряну и Е.М. Янишевскому [4] выявить интересную закономерность: как бы ни менялись абсолютные величины градиентов, соотношение их остается более или менее постоянным. Величина относительного градиента концентрации количественно характеризует подвижность данного элемента при формировании эндогенного (первичного) ореола.

Градиент концентрации используется при изучении зональности ореолов и их размеров в горизонтальном сечении. Он может служить отражением контрастности ореолов, а в отдельных случаях является показателем близости скрытого оруденения.

## 5.2. Показатели количественной оценки геохимических ореолов

Имеют важнейшее значение на стадии оценочных работ при выборке наиболее представительных объектов для вскрытия, количественной характеристики ореолов, выявления и изучения их зональности, используются при подсчетах прогнозных ресурсов месторождений по геохимическим аномалиям. К их числу относятся: линейная продуктивность, площадная продуктивность ореолов; продуктивность потоков рассеяния, запасы металла в ореоле для слоя 1 м, прогнозные ресурсы металла в ореоле и эквивалентном рудном теле, местный коэффициент пропорциональности между количеством металла в остаточном ореоле рассеяния и рудном теле и ряд других.

**Линейная продуктивность** ореола отражает количество элемента-индикатора, приходящееся на линейную характеристику ореола (профиль, скважина). Этот показатель введен А.П. Солововым (1959 г.). Он дает ориентировочное представление о количестве ореолообразующего элемента, привнесенного в рудовмещающие породы при рудообразовании или оставшегося в коре выветривания, рыхлых отложениях и почвах при развитии остаточного вторичного ореола рассеяния по линии опробования. Он может быть полезен при оценке перспективности ореолов и для выяснения зональности их строения. Выражается в метропроцентах.

В зависимости от характера опробования (отбор проб по равномерной или неравномерной сети, сплошное опробование, метод пунктирной борозды) расчет линейной продуктивности осуществляется по следующим формулам:

### 1. *Равномерная сеть точечного опробования*

$$M = \Delta x \sum_{i=1}^N C_i - n \cdot C_{\text{ф}} \quad (53)$$

где  $M$  – линейная продуктивность, т.е. привнесенное количество металла в данном пересечении, м %;

$\Delta x$  – расстояние между точками отбора проб по линии (профилю, скважине), м;

$\sum_{i=1}^N C_i$  – арифметическая сумма всех содержаний металла в точках по профилю внутри ореола  $C_a$ ;

$n$  – число точек (проб) внутри ореола  $C_a$ ;

$C_{\text{ф}}$  – фоновое содержание.

### 2). *Неравномерная сеть точечного опробования*

$$M = \sum_{i=1}^N C_i \cdot l_i - a \cdot C_{\text{ф}} \quad (54)$$

где  $\sum_{i=1}^N C_i \cdot l_i$  – арифметическая сумма произведений содержаний металла в точке опробования (%) на длину (интервал) влияния пробы (м), которая измеряется от середины до середины расстояний между соседними точками по профилю;

$a$  – ширина ореола ( $a = \sum_{i=1}^N l_i$ ), м.

### 3). *Расчет линейной продуктивности по данным замеров радиоактивности при радиометрических поисках месторождений урана производится по формулам:*

А) для равномерной сети замеров радиоактивности по профилю:

$$M = (10^{-2}/K) \cdot \Delta x \sum_{i=1}^N J_i - n \cdot J_{\text{ф}} \quad (55)$$

Б) для неравномерной сети замеров радиоактивности по профилю:

$$M = (10^{-2}/K) \cdot \sum_{i=1}^N J_i \cdot l_i - a \cdot J_{\text{ф}} \quad (56)$$

где  $J_i$  – радиоактивность в точке замера внутри ореола  $J_a$ ;

$K$  – коэффициент пропорциональности между радиоактивностью (мкр/час) и содержанием урана (в %) при определенном коэффициенте радиоактивного равновесия ( $K_{\text{рр}}$ ).

$K = 115$  мкр/час на 0,01 % урана при  $K_{\text{рр}} = 1$ .

$K = 115 \cdot K_{\text{рр}}$  (подставляется в формулу).

### 4). *Расчет линейной продуктивности при опробовании коренных горных пород в обнажениях, горных выработках и скважинах методом секционной (сплошной) пунктирной сколковой борозды:*

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \cdot (C_i - C_{\text{ф}}) \quad (57)$$

где  $m_i$  – длина интервала опробования (пунктирной борозды-секции), м;

$C_i$  – содержание элемента в пробе соответствующего интервала, %;

$C_f$  – фоновое содержание элемента, %;  
 $n$  – количество проб, вошедших в подсчет.

Линейная продуктивность используется для количественной оценки ореолов, выбора наиболее представительных аномалий для дальнейшего изучения, выявления и изучения зональности ореолов.

*Площадная продуктивность отражает количество элемента-индикатора, приходящееся на всю площадь ореола. Она дает ориентировочное представление о количестве металла, привнесенного в ореол (или оставшегося в ореоле при разрушении рудного объекта) в плоскости опробования. Выражается в площадных метропроцентах ( $m^2\%$ ). В зависимости от характера сети опробования подсчет площадной продуктивности вторичного ореола рассеяния ведется по формулам:*

1). *Правильная сеть опробования*

$$P = \Delta l \cdot \Delta x \cdot \left( \sum_{i=1}^N C_i - n \cdot C_f \right) \quad (58)$$

где  $\Delta l$  – расстояние между профилями, м.

Это выражение может быть трансформировано следующим образом:

$$P = \Delta l \cdot \sum_{i=1}^N M_i \quad (59)$$

2). *Неправильная сеть опробования*

$$P = \sum_{i=1}^N M_i \cdot l_i \quad (60)$$

где  $\sum_{i=1}^N M_i \cdot l_i$  – арифметическая сумма произведений линейных продуктивностей на ширину их влияния (измеряется от середины до середины расстояний между соседними профилями),  $m^2$ .

3). *Площадная продуктивность первичного ореола по данным опробования скважин, поверхностных или подземных горных выработок методом пунктирной борозды*

$$P = \sum_{i=1}^n (l_i \cdot m_i) \cdot (C_i - C_f) \quad (61)$$

где  $l_i$  – ширина влияния профиля опробования – выработки (измеряется от середины до середины расстояний между соседними выработками).

Площадная продуктивность используется для количественной оценки ореолов, выбора наиболее представительного ореола для дальнейшего изучения, выявления и изучения зональности ореолов.

**Запасы металла в ореоле для слоя мощностью 1 м**

Рассчитываются по формуле:

$$q = P \cdot d \cdot 10^{-2} \quad (62)$$

где  $q$  – запасы металла в ореоле для слоя мощностью 1 м, т;

$P$  – площадная продуктивность ореола,  $m^2\%$ ;

$d$  – объемный вес горных пород,  $t/m^3$ .



**Ориентировочные запасы металла** (прогнозные ресурсы) **в остаточном ореоле рассеяния** рассчитывают исходя из запасов металла в ореоле для слоя мощностью 1 м ( $q$ , т) и предполагаемой глубины развития ( $h$ , м) ореола в коре выветривания, элювиально-делювиальных отложениях и почвах:

$$Q_{ор.} = q \cdot h, \text{ т/м} \quad (63)$$

**Ориентировочные запасы металла в эквивалентном рудном теле** (прогнозные ресурсы месторождения)

Запасы металла в ореоле пропорциональны запасам металла эквивалентного рудного тела, за счет которого формируется ореол. При литогеохимических поисках объективную характеристику выхода месторождения дают продуктивность его вторичного ореола, выраженная в тоннах металла для слоя 1 м и коэффициент пропорциональности ( $K$ ). Для рудных тел создающих подобный себе вторичный ореол рассеяния, подсчет ресурсов металла (в тоннах) можно произвести по формуле:

$$Q_H = K \cdot q \cdot H \quad (64)$$

где  $H$  – глубина прогнозирования, м.

Целесообразную глубину подсчета ( $H$ ) выбирают при этом в соответствии с конкретными геологическими условиями (глубина вероятного распространения руд, половина длины рудного тела, 100, 200 м), т.е. такую глубину подсчета, чтобы  $q$  было устойчиво на глубину. При относительно достоверных сведениях о величине коэффициента пропорциональности ( $K$ ) результаты подсчета ресурсов следует округлять до первой значимой цифры. При недостаточно надежных данных указывают только порядок чисел.

Несмотря на приближенный характер этих подсчетов, рассчитанные прогнозные ресурсы металла по вновь найденным месторождениям имеют важное ориентирующее значение при выборе объектов для первоочередной оценки.

Местный коэффициент пропорциональности между количеством металла в остаточном ореоле рассеяния и рудном теле (ореольный коэффициент). Его следует определять путем подсчета линейных или площадных продуктивностей рудообразующих элементов в ореолах и рудных телах в одних и тех же плоскостях и профилях. Для расчета используют формулы:

$$K = M / M_{р.т.} \quad (65)$$

где  $K$  – местный коэффициент пропорциональности;

$M$  – линейная продуктивность, м%;

$M_{р.т.}$  – количество металла в том же сечении рудного тела (линейная продуктивность рудного тела), м%.

$$M_{р.т.} = D \cdot C_p \quad (66)$$

где  $D$  – видимая мощность рудного тела на уровне денудационной поверхности, м;

$C_p$  – среднее содержание металла в рудной зоне по данным опробования, %.

По большому числу сечений рудных тел путем сопоставления показателей  $M$  и  $M_{р.т.}$  следует найти среднегеометрическое значение  $K$  и оценить пределы его колебаний.

Необходимо учитывать, что величина « $M$ » соответствует не истинной, а видимой мощности рудного тела на поверхности коренных пород. Если профили литогеохимических поисков пересекают ореол не строго вкрест его простирания, образуя с ним некоторый угол  $\omega < 90^\circ$ , найденные по графикам значения  $M$  следует исправить, умножив их на  $\sin \omega$ .

$$K = q / Q_{р.т.} \quad (67)$$

где  $q$  - запасы металла, заключенные в метровом слое рудного тела на его эрозионном срезе, т;  
 $Q_{р.т.}$  – ориентировочные запасы металла в остаточном ореоле рассеяния, т.

### 5.3. Показатели зональности ореолов и оценки глубины эрозионного среза геохимических ореолов, рудных тел и рудовмещающих структур

Это большая и очень важная группа показателей, используемых на стадии оценочных работ, а также при выявлении и изучении эталонных месторождений

*Зональность первичных ореолов* – закономерное изменение состава и концентрации элементов-индикаторов по мере удаления от рудных тел и месторождений.

Выделяется горизонтальная и вертикальная зональность геохимических ореолов. *Горизонтальная зональность* наблюдается в горизонтальном сечении ореолов по существу, является следствием различной протяженности ореолов отдельных элементов-индикаторов. *Вертикальная зональность* обусловлена закономерным изменением по вертикали величин отдельных параметров ореолов, таких, как размеры, концентрация элементов в ореоле и др. наибольшее значение в практике поисковых работ имеет вертикальная зональность ореолов. В этой связи рассмотрим показатели, позволяющие выявить, изучить и использовать вертикальную зональность ореолов при оценке литохимических аномалий. К их числу принадлежат: средние содержания, продуктивности, индикаторные отношения, коэффициент зональности, показатель зональности.

*Средние содержания, продуктивности* элементов-индикаторов по разному ведут себя на различных уровнях вертикального сечения (разреза) ореолов. При четко выраженной зональности надрудные, околорудные и подрудные элементы-индикаторы характеризуются наибольшими значениями этих показателей на соответствующих уровнях ореолов. Однако, как показала практика геохимических работ, *большой индикаторной способностью по части выражения вертикальной зональности обладают не сами содержания и продуктивности, а их отношение.*

*Индикаторные отношения* представляют достаточно широкую группу показателей вертикальной зональности. Они охватывают как отношения показателей пар элементов-индикаторов (парные отношения при изучении зональности по моноэлементным ореолам), *отношения сумм показателей* (для аддитивных ореолов), так и *отношения произведений показателей* (в случае мультипликативных ореолов).

В качестве показателей, в зависимости от количества имеющейся числовой информации (степени изученности объекта, аномалии), могут использоваться содержания в абсолютных значениях – Сэ или в фонах –КК, средние содержания, линейные или площадные продуктивности элементов-индикаторов. Наиболее часто применяются парные отношения:  $\frac{C_x}{C_y}$   $\frac{KK_x}{KK_y}$   $\frac{C_x}{C_y}$   $\frac{M_x}{M_y}$  ;  $\frac{P_x}{P_y}$

Рассмотренные числовые показатели (с, КК, С, М, Р) могут относиться к надрудным, рудным и подрудным элементам-индикаторам. Парные отношения этих категорий элементов отличаются по индикаторной способности в отношении зональности. Используются такие категории отношений:

- 1) Показатели надрудных элементов ( $C_n, KK_n, C_n, M_n, P_n$ )  
Показатели рудных элементов ( $C_p, KK_p, C_p, M_p, P_p$ )
- 2) Показатели рудных элементов ( $C_p, KK_p, C_p, M_p, P_p$ )  
Показатели подрудных элементов ( $C_n, KK_n, C_n, M_n, P_n$ )
- 3) Показатели надрудных элементов ( $C_n, KK_n, C_n, M_n, P_n$ )  
Показатели подрудных элементов ( $C_p, KK_p, C_p, M_p, P_p$ )

Наибольшей контрастностью поведения по вертикали на различных уровнях ореолов отличается последнее отношение, которое получило название коэффициента

зональности ( $K_3$ ). запишем его частную формулу на примере парного отношения линейных продуктивностей, как наиболее часто применяемого в поисковой геохимии показателя:

$$K_3 = M_{\text{надр.}} / M_{\text{подр.}} \quad (68)$$

Коэффициент зональности аддитивных ореолов будет иметь вид:

$$K_3 = \sum M_{\text{надр.}} / \sum M_{\text{подр.}} \quad (69)$$

Аналогично для мультипликативных ореолов этот же коэффициент следует рассчитывать по формуле

$$K_3 = (M_{n1} * M_{n2} * \dots * M_{nx}) / (M_{п1} * M_{п2} * \dots * M_{пу}) \quad (70)$$

Первичные эндогенные ореолы и развивающиеся по ним вторичные остаточные ореолы рассеяния являются многокомпонентными, поэтому всегда возникает необходимость сравнительной оценки зональности ореолов различных элементов с целью выбора наиболее эффективных элементов-индикаторов зональности.

В подобных случаях можно пользоваться *методом составления рядов вертикальной зональности* с помощью **коэффициента контрастности зональности**. Последний представляет собой отношение значения числового показателя элемента (например  $M$ - линейная продуктивность) на верхнем (надрудном – в числителе) к значению этого показателя того же элемента на нижнем (подрудном – в знаменателе) сечении исследуемого геохимического разреза. В качестве примера предложим таблицу 17, приведенную в работе А.А. Беуса и С.В. Григоряна [2]. В ней приведены величины линейной продуктивности ореолов и коэффициенты контрастности зональности, рассчитанные по одному из разрезов уранового месторождения в гранитах.

Таблица 17

Величины линейной продуктивности ( $M, \%$ ) и коэффициента контрастности зональности ореолов

Показатель	U	Cu	Zn	Pb
Линейная продуктивность:				
Поверхность (надрудный)	0,3	1,2	3,0	12,0
IV горизонт (рудный)	0,45	1,3	1,6	5,0
VII горизонт (подрудный)	0,5	0,7	0,2	0,26
Коэффициент контрастности - зональности	0,6	1,7	15,0	46,0

Если элементы расположить по порядку убывания величины коэффициента контрастности, получим ряд элементов-индикаторов зональности, где слева направо происходит смена элементов в соответствии с зональностью их ореолов. Для рассматриваемого примера будем иметь:

*свинец (46,0) – цинк (15,0) – медь (1,7) – уран (0,6).*

Практическое значение подобных рядов заключается в том, что с их помощью удается определить наиболее контрастные, а, следовательно, наиболее надежные для оценки уровня эрозионного среза индикаторные отношения, какими будут пары элементов, максимально удаленных в рядах зональности. В приведенном примере такой является пара свинец-уран.

Использование коэффициента контрастности зональности дает однозначные результаты только при условии монотонного характера изменения по вертикали продуктивностей ореолов. Однако, это условие часто нарушается, в связи с чем более надежно использовать показатель зональности элемента-индикатора. Он представляет собой отношение продуктивности ореола данного элемента к сумме продуктивностей ореолов всех элементов-индикаторов исследуемого типа оруденения, то есть:

$$P_3 = Mx / \sum M_i \quad (71)$$

При таких подсчетах следует нормировать продуктивности ореолов. Эта операция и выявление ряда вертикальной зональности элементов-индикаторов на конкретных примерах подробно рассмотрены в монографии А.А. Беуса и С.В. Григоряна (1975, стр. 95-97 [2]).

Показатель зональности количественно отражает относительное накопление элемента на каждом из исследованных горизонтов и может служить индикатором вертикальной зональности ореолов. В таблице 18 отражены величины показателя зональности, рассчитанные по нормированным значениям линейных продуктивностей ореолов в одном из разрезов скарново-полиметаллического месторождения Акташ в Таджикистане [2].

Таблица 18

Величины показателя зональности элементов

Элемент	Поверхность	Скв. 407	скв. 410	скв. 411
Pb	0,13	<u>0,746*</u>	0,171	0,03
As	<u>0,148</u>	0,0056	0,036	0,04
Sb	<u>0,574</u>	0,056	0,184	0,139
Cu	0,084	0,071	<u>0,158</u>	0,156
Bi	0,061	0,028	<u>0,211</u>	0,177
Mo	0,0061	0,7	0,237	<u>0,465</u>

- подчеркнуты максимальные для каждого элемента значения  $P_3$

Из таблицы следует, что максимальное относительное накопление мышьяка и сурьмы наблюдается на верхнем уровне ореолов, синца – на втором, меди и висмута – на третьем, а молибдена – на самом нижнем уровне. Таким образом, по результатам расчета  $P_3$  можно составить следующий ряд элементов (сверху вниз):

**(As, Sb) – Pb – (Cu, Bi) - Mo .**

В скобки заключены элементы, взаимоотношения между которыми не ясны. Порядок значений  $P_3$  при достаточной статистике на эталонных месторождениях может, очевидно, служить индикатором соответствующего сечения ореола. И это может быть использовано при оценке аномалий.

#### Пространственные характеристики ореолов

К ним относятся такие показатели, которые характеризуют пространственное положение геохимических ореолов:

- длина ореола (A) – размер ореолов по простиранию;  
(A<sup>1</sup>) – протяженность по падению;
- ширина ореолов (B) – размер ореолов вкрест простирания;
- коэффициент сжатия ореолов (v) – отношение ширины ореола к его длине;
- азимут простирания ореола (Az пр.);
- угол падения ореола (< пад.);
- коэффициент сплошности ореола (Kс), представляющий отношение аномальных площадей, заключенных в контуре ореола к общей площади ореола.

#### Смещение эпицентра ореола на склоне.

Эпицентр вторичного ореола рассеяния в рыхлых отложениях совпадает в плане с выходом рудного тела на поверхность коренных пород только в случае горизонтальной дневной поверхности и вертикального падения рудного тела. Во всех остальных случаях центральная точка ореола смещена в сторону понижения рельефа и восстания рудного тела.

Очень ответственной операцией, завершающей оценку аномалий (ореолов), является вскрытие коренного оруденения канавой, шурфом или скважиной. При

заложении выработки необходимо учитывать смещение эпицентра ореола на склоне. это смещение пропорционально квадрату мощности рыхлых отложений и синусу угла наклона местности и рассчитывается по формуле:

$$\Delta S = A \cdot h^2 \cdot \sin \alpha \quad (72)$$

где  $\Delta S$  – смещение эпицентра ореола на склоне по отношению выхода рудного тела на поверхность коренных пород;

$A$  – местный коэффициент, зависящий от ландшафтно-геохимических условий миграции элемента;

$h$  – мощность рыхлых отложений на склоне, в которых развит вторичный ореол рассеяния;

$\alpha$  – угол склона.

Подводя итоги рассмотрения вопросов качественной и количественной оценки геохимических полей, составляющих их аномалий и ореолов, вслед за А.П. Солововым напомним, что рассмотренные ореольные показатели имеют различное значение и целевое назначение и в этом плане в методической и учебной литературе подразделены на две группы показателей – параметрические и непараметрические.

*Параметрические* показатели уточняются по мере увеличения детальности и точности поисковых геохимических исследований. Они имеют важное значение для обоснования методики геохимических поисков и научных выводов. К ним относятся:

- среднее арифметическое ( $\bar{c}$ ) или геометрическое ( $c$ ) содержание химических элементов в однородном геологическом объекте, в удалении от аномалии;
- природное стандартное отклонение ( $S$ ), дисперсия ( $S^2$ ), или стандартный множитель ( $\delta$ ) при данном весе пробы;
- максимальное содержание металла (элемента в аномалии ( $C_{\max}$ ) при данном способе опробования;
- количество металлов в аномалии ( $M$  в м%,  $P$  в м<sup>2</sup>%,  $q$  в тоннах или кг);
- подвижность химических элементов в ореолах ( $1/\lambda$  и  $\sigma$ );
- отношение между количеством металла во вторичном ореоле ( $M, P, q$ ) и в коренном оруденении – «местный коэффициент пропорциональности ( $K$ );
- отношение между содержаниями (лучше количествами) пар или групп химических элементов в аномалии;
- коэффициенты корреляции между содержаниями химических элементов в аномалиях и т.д.

*Непараметрические* показатели с увеличением точности исследований произвольно изменяются или заранее известны. Некоторые имеют важное техническое значение. К этой группе относятся:

- «встречаемость» химических элементов в аномалии (в %);
- средние содержания химических элементов в аномалии и в рудах (в %);
- выявленные (эффективные) размеры аномалии (ширина, протяженность, площадь);
- ряды подвижности химических элементов в зависимости от размеров ореолов;
- отношения между содержаниями ( $C_x$ ) металлов во вторичном ореоле и в коренном оруденении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: «Высшая школа», 1989. -304 с.
2. Беус А.А., Григорян С.В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.; Недра, 1975. С.
3. Вершинин А.С., Грязнов О.Н., Чесноков В.И. Теоретические основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА 2000.-201 с.
4. Григорян С.В., Янишевский Е.М. Экзогенные геохимические ореолы рудных месторождений и их использование при поисках скрытого оруденения. М.: Недра, 1968.
5. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1965.
6. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 19 .
7. Крамбейн У., Кауфман М., Мак-Кеммон Р. Модели геологических процессов. М.: «Мир», 1973.
8. Левинсон А. Введение в поисковую геохимию. Москва: Изд-во «Мир», 1976. – 499 с.
9. Питулько В.М., Крицук И.Н. Основы интерпретации данных поисковой геохимии. Л.: Недра, 1990. -336 с.
10. Соловов А.П. Основы теории и практики металлометрической съемки. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1959.
11. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. М.: Недра, 1990.
12. Толстой М.И. некоторые вопросы методики оценки металлоносности геологических образований и обнаружения эндогенных геохимических ореолов. Киев. Изд-во Киевского ун-та, 1964.
13. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1000000. М.: ИМГРЭ, 1999
14. Чесноков В.И., Грязнов О.Н. «Основы математической обработки геохимической информации» в 3-х частях. *Методические разработки к практическим занятиям* по курсу «Геохимические методы поисков рудных месторождений». Свердловск: Изд-во СГИ. 1982. 125 с.
15. Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. М.: Недра, 1971.

## Практические задания по дисциплине

### Лабораторная работа № 1

#### Построение геохимических спектров и их корреляция (4 часа)

1. Выдается задание на построение геохимических спектров (прил. ), каждому по 2 варианта.

2. Рассчитываются кларки концентрации (КК) для всех элементов заданных в вариантах по формуле  $КК = Cэ/К$ . в качестве Кларков используются средние содержания химических элементов в горных породах соответствующего состава (прил....).

3. По результатам расчетов заполняются 1-3 и 6 столбцы таблицы 4.

Таблица 4

Расчет кларков концентрации и их коэффициента ранговой корреляции

Элемент	Кларк	КК <sub>1</sub>	Порядковый номер		КК <sub>2</sub>	Порядковый номер		Разность порядковых исправленных номеров (Δ)	Квадрат разности исправленных номеров (Δ <sup>2</sup> )
			предварительный	Исправленный		предварительный	Исправленный		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Составляется геохимический спектр объекта (две круговые диаграммы).

Составляется два геохимических спектра (по двум пробам). Отложение КК по лучу для каждого элемента осуществляется в логарифмическом масштабе (рис. 1).

5. Сопоставить визуально эти два геохимических спектра:

а) похожи они или нет по повышенным КК;

б) качественно оценить эти спектры (геохимический спектр какого геологического объекта представляют ассоциации данных элементов; его металлогеническая специализация).

К типоморфным элементам будем относить элементы с  $КК \geq 2$ .

в) Определение геохимических типов ассоциаций химических элементов по рис. 2.

Вывод: к какому генетическому типу может принадлежать изучаемый рудный объект (прил. ).

6. Вычислить коэффициент ранговой корреляции между геохимическими спектрами (формулы ), внести данные в таблицу 4, составляя все необходимые дополнительные таблицы (табл. 2,3).

7. Проверить значимость коэффициента ранговой корреляции и интерпретировать его значение.

8. Сделать вывод о генетическом классе геологического объекта с данными геохимическими спектрами и вывод по рассчитанному коэффициенту ранговой корреляции.

## Лабораторная работа № 2

### Определение геохимического фона и аномальных значений по данным литохимического опробования (4 часа)



Дана карта с данными литохимического опробования на участке рудопроявления меди «Д».

## I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И АНОМАЛЬНЫХ СОДЕРЖАНИЙ ПО ВАРИАЦИОННЫМ КРИВЫМ И ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПРЯМЫМ

**1. Производится группировка величин содержаний химических элементов по содержаниям** (отдельно для гранитов и эффузивно-осадочных пород).

Составляем две таблицы «Результаты группирования содержаний меди» –1-по гранитам; 2- по эффузивно-осадочным породам (табл. 12).

Вместо интервалов возьмем конкретные встречающиеся данные содержаний меди (по гранитам и по эффузивам) в неизменных породах (т.е. исключая зоны расщеливания и рыхлые четвертичные отложения). Для гранитов характерны содержания - 1, 2, 3, 4, 5, 6; для эффузивно-осадочных пород – 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Произведем подсчет общего количества проб, входящих в каждый интервал ( $n_i$ ) и рассчитаем *относительную частоту*, соответствующую данному интервалу, по формуле ( ).

Таблица 12

Результаты группирования содержаний меди

п/п	Содержания меди, $n \cdot 10^{-3} \%$	Отметки	Частоты ( $n_i$ )	Частоты ( $W_i$ )	Исправленные частоты	Накопленные исправленные частоты ( $W_{si}$ )

При использовании результатов приближенно-количественного спектрального анализа следует иметь в виду дискретность получаемых содержаний химических элементов, хотя в природе распределение содержаний имеет непрерывный характер

Поэтому вычисляется так называемая исправленная относительная частота, при этом вычисленная частота ( $W_i$ ) делится пополам, половина ее относится к данному содержанию, вторая половина относится к следующему по возрастанию (см. табл. 11).

Второй причиной необходимости вычисления исправленных частот является наличие «любимых» и «нелюбимых» цифр в результатах спектрального анализа.

Подсчитать накопленные исправленные частоты, по которым строится интегральный график логнормального распределения.

**2. Построение вариационных (дифференциальных) кривых для выявления закономерностей распределения химических элементов**

Для каждого типа пород строится две вариационных кривых (см. рис. 3, 5):

*а) Для нормального закона распределения* - по оси абсцисс откладываем содержания меди в пропорциональном масштабе (нижняя шкала вероятностного трафарета), а по оси ординат - относительные частоты (частоты) также в пропорциональном масштабе (левая шкала);

б) *Для логнормального закона* распределения – содержания откладываем по верхней шкале в логарифмическом масштабе, по оси ординат – частоты, также по левой шкале.

По полученным дифференциальным кривым определяем, какой закон наиболее приемлем для данной выборки (более симметричная кривая). Из двух построенных вариационных кривых выбираем наиболее симметричную и делаем вывод о модели распределения меди в гранитах и в эффузивно-осадочных породах.

Определения необходимых параметров выполняем по выбранной вариационной кривой распределения.

### **3. Определение геохимического фона и аномальных значений, используя вариационные кривые**

#### ***а) Для логнормального распределения***

Пользуясь логарифмическим масштабом можно сразу определить фоновое содержание (см. рис. 6). Для определения аномальных содержаний в этом случае используется стандартный множитель  $\epsilon$ . Для определения графическим способом абсцисса правой ветви кривой в точке ее пересечения с линией, проведенной параллельно оси абсцисс на уровне 0,6 максимальной ординаты вариационной кривой, делится на  $C_{\phi}$  (см. рис. 6).

$\epsilon = \text{абсц. } W / C_{\phi}$  (снято со шкалы)

Вычисляем только положительные аномалии, связанные с оруденением. Формулы для определения аномальных содержаний с помощью  $\epsilon$  имеют следующий вид:

$Ca_1 = C_{\phi} \cdot \epsilon$  (вероятность аномальности - 84,13%);

$Ca_2 = C_{\phi} \cdot \epsilon^2$  (вероятность аномальности - 97,72%);

$Ca_3 = C_{\phi} \cdot \epsilon^3$  (вероятность аномальности - 99,86%).

#### ***б) Для нормального закона распределения:***

Значение фонового содержания соответствует модальному значению содержаний (см. рис. 3). Среднее квадратическое отклонение ( $S$ ) также определяется графически и равно половине ширины вариационной кривой на уровне 0,6 ее максимальной ординаты (см. рис. 3).

Положительные аномальные содержания вычисляют по следующим формулам:

$Ca_1 = C_{\phi} + S$

$Ca_2 = C_{\phi} + 2S$ ;

$Ca_3 = C_{\phi} + 3S$ .

### **4. Использование интегральных графиков для определения фоновых и аномальных содержаний:**

Интегральные прямые распределения меди в гранитах и эффузивно-осадочных породах строятся только для тех законов, с которыми согласовано эмпирическое распределение (определили по вариационным кривым).

При построении интегральных графиков по оси ординат (правый вертикальный масштаб от 0,1 % до 99,9 %) откладываются накопленные исправленные частоты ( $W_{si}$ ), а по оси абсцисс, в зависимости от предполагаемого закона распределения, используется либо линейный, либо логарифмический масштаб.

Обычно, точки накопленных частот не лежат на одной линии, поэтому проводится осредняющая прямая линия (см. рис. 8, 9).

Производится проверка соответствия эмпирического распределения предполагаемому теоретическому закону с помощью критерия Колмогорова:

$\lambda = (\Delta y_{\max} \cdot \sqrt{N}) / 100$ , где

$\Delta u_{\max}$  – наибольшее отклонение (в %) эмпирических точек накопленных частот от осредняющей прямой или разность ординат наиболее отходящей эмпирической точки и соответствующей точки на осредняющей прямой;

$N$  – количество проб в выборке.

Если  $\lambda \leq 1,35$ , то критерий Колмогорова указывает, что рассматриваемая совокупность удовлетворительно описывается проверяемым теоретическим распределением (т.е. данный закон распределения принимается).

Если  $\lambda > 1,35$ , то – налицо несоответствие эмпирического распределения теоретическому (т.е. данный закон не принимается) – распределение не подчиняется нормальному закону.

После установления закона распределения, определяются его параметры

### Определение параметров логнормального распределения

Построение интегральных графиков при проверке соответствия эмпирического распределения логнормальному закону проводится аналогичным образом, только по оси абсцисс используется логарифмический масштаб (сплошные линии с вынесенными содержаниями в верхней части вероятностного трафарета).

Для целей геохимических поисков важно знать две величины при логнормальном распределении элементов (см. рис. 10):

- фоновое содержание (Сф),
- стандартный множитель ( $\epsilon$ ).

Поскольку на вероятностном трафарете по оси абсцисс отложены не логарифмы, а содержания в логарифмическом масштабе, то абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией, соответствующей 50% по оси ординат, дает нам среднее геометрическое значения содержания, которое принимается за геохимический фон (Сф).

Абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией ординаты  $t= +1$  (84,13 %) соответствует значению  $Сф \cdot \epsilon$  (абсц. А), из которого мы можем определить  $\epsilon$ ,

отсюда:  $\epsilon_1 = \text{абсц. А} / Сф$

Абсциссы точек пересечения осредняющей прямой с линиями оси ординат:  $t= +2$  (97,72 %) и  $t= +3$  (99,87 %) соответственно равны  $Сф \cdot \epsilon^2$  (Абс. В) и  $Сф \cdot \epsilon^3$  (Абс. С).

Из этих величин мы также можем найти  $\epsilon_2, \epsilon_3$ :

$\epsilon_2 = \sqrt{\text{Абс. В} / Сф}; \quad \epsilon_3 = \sqrt[3]{\text{Абс. С} / Сф}$

Далее, рассчитывается средняя величина  $\epsilon$ :

$\epsilon = \sqrt[3]{\epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3}$

Зная величины Сф и  $\epsilon$ , легко определить величины аномальных содержаний:

$Са_1 = Сф \cdot \epsilon;$

$Са_2 = Сф \cdot \epsilon^2;$

$Са_3 = Сф \cdot \epsilon^3.$

### Определение параметров нормального распределения

При нормальном распределении мода, медиана и среднее арифметическое равны, т.е.  $M_0 = M_e = \bar{x}$ , поэтому, определив медианное значение ( $M_e$ ) – получаем один из параметров распределения (медиана определяется абсциссой точки пересечения осредняющей прямой с линией 50 % по оси ординат – «жирная» линия). Эта же величина принимается за фоновое значение:  $M_e = Сф$  (см. рис. 8).

Стандартное отклонение ( $S$ ) также определяется графически (см. рис. 8) по разнице абсцисс точек пересечения осредняющей прямой с линией 50 % и линией 84,13% (пунктирная линия  $t= +1$  на вероятностном трафарете).

Зная Сф и  $S$  рассчитывают аномальные содержания:

$$Ca_1 = Cф \pm S$$

$$Ca_2 = Cф \pm 2S$$

$$Ca_3 = Cф \pm 3S$$

Величины аномальных содержаний  $Ca_1$ ,  $Ca_2$ ,  $Ca_3$  можно снимать непосредственно с интегральных графиков (при пересечении с  $t = \pm 1$ ,  $t = \pm 2$ ,  $t = \pm 3$ ).

## II. ВЫДЕЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ НА КАРТЕ

По рассчитанным аномальным значениям  $Ca_1$ ,  $Ca_2$ ,  $Ca_3$  производится выделение геохимических аномалий на карте отдельно по гранитам и по эффузивно-осадочным породам (см. рис. 11).

При выделении и оконтуривании геохимических аномалий нередко встречаются пробы или пространственно сближенные группы проб с содержаниями выше фоновых, но ниже аномальных (на уровне  $Ca_3$ ). В каждом конкретном случае отнесение этих проб к аномальным или фоновым, при нормальном распределении, производится по формуле:

$Ca = Cф + (3S/\sqrt{m})$ , при  $m \leq 9$  (см. раздел 2, «Проверка аномалий с определенным (малым) количеством точек»)

$m$  – количество точек в аномалии.

Для логарифмического закона  $Ca \geq Cф \cdot e^{\pm 3/\sqrt{m}}$ .

## III. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

### 1. Расчет площадной продуктивности ореола:

По оконтуренным геохимическим аномалиям (в контуре  $Ca_1$ ) производится расчет площадной продуктивности по формуле ( )

$$P_{Cu} = \Delta x \cdot l \cdot \left( \sum_{i=1}^N C_i - N \cdot C_{ф} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ м}^2 \cdot \%$$

$\Delta x$  – расстояние между точками опробования, в м;

$l$  – расстояние между профилями, в м;

$C_i$  – значения проб, попадающих в контур аномалии  $Ca_1$ ;

$C_{ф}$  – фоновое значение.

### 2. Расчет ориентировочных запасов меди до глубины 100 м (прогнозные ресурсы)

$$Q_{Cu} (P_1) = 1/K \cdot 1/40 \cdot P_{Cu} \cdot H$$

$K$  – коэффициент пропорциональности ( $K_{Cu}=0,3$ );

$H$  – глубина (100 м).

Дать заключение о масштабах изучаемого объекта по рассчитанным прогнозным ресурсам.

Масштабы месторождений меди:

запасы <10000 т – рудопроявление,

10000-100 000 т – мелкое месторождение,

100 тыс. т.-1 млн. т. – среднее месторождение,

1-5 млн. т. – крупное месторождение,

> 5 млн. т. уникальное месторождение.

## IV. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ЗАЛОЖЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ВСКРЫТИЯ АНОМАЛИИ

По выделенным геохимическим аномалиям запроектировать места заложения горных выработок для вскрытия аномалии и предполагаемого рудного тела с учетом масштаба работ; вынести их на карту.

### Лабораторная работа № 3

#### Выявление вертикальной геохимической зональности эндогенных ореолов месторождения уран-молибденовой формации (6 часов)

1. Группирование содержаний химических элементов, определение закона распределения для каждого элемента, расчет фоновых и аномальных содержаний;
2. Расчет линейных продуктивностей и показателей зональности в пределах построенных в разрезе аномалий;
3. Расчет ранговых коэффициентов корреляции, построение графиков изменения всех рассчитанных показателей вертикальной зональности, определение количественных отличий надрудного и подрудного уровней геохимических ореолов.

### Лабораторная работа № 4

#### Определение геохимического фона, аномальных значений и расчет прогнозных ресурсов в коре выветривания по данным глубинного литохимического опробования (4 часа)

*Глубинные литогеохимические поиски месторождений представляют собой проведение исследований на некоторой глубине от поверхности с помощью технических средств. Объектами глубинных поисков являются погребенные и скрыто-погребенные месторождения. Первые наиболее доступны для обнаружения, их рудные тела прежде выходили на поверхность денудации, а затем были перекрыты более молодыми отложениями. Последние – это месторождения, не выходившие на дневную поверхность и перекрытые более молодыми рыхлыми образованиями. Они представляют несравненно большие трудности для обнаружения и потому могут считаться резервом для поисков второй очереди. Поиски погребенного оруденения проводятся на закрытых площадях в определившихся рудных районах и направлены в первую очередь на выявление аналогов известных промышленных месторождений.*

*В практику глубинных поисков А.Н. Еремеевым (1963) введено понятие «представительного горизонта поисков», под которым понимается наиболее приближенный к дневной поверхности горизонт максимального площадного и достаточно надежного развития вторичных ореолов рассеяния. Главным фактором, определяющим методику работ, выбор технических средств и экономическую целесообразность проведения глубинных поисков, является мощность и состав рыхлых отложений, перекрывающих представительный горизонт.*

Даны результаты глубинного литохимического опробования по скважинам, пробуренным на нескольких профилях, как по равномерной, так и неравномерной сети, геологическая карта и разрез по буровому профилю X.

#### **1. Определить геохимический фон Cu или Zn в коре выветривания.**

Использовать для группирования содержания по профилю 10 (см. лаб. раб. № 2).

Проверку закона распределения произвести по критерию Колмогорова.

$$\lambda = (\Delta y_{\max} \cdot \sqrt{N}) / 100 \quad \lambda \leq 1,35$$

При  $\lambda_1 > \lambda_2$ , выбираем закон распределения соответствующий прямой с  $\lambda_2$ .

**2. Рассчитать аномальные содержания  $C_{a1}$ ,  $C_{a2}$ ,  $C_{a3}$  (см. лаб. раб. № 2).**

**3. Построить металлометрическую карту для заданного уровня среза по  $Cu$  или  $Zn$ .**

**4. Рассчитать линейную продуктивность ( $M$ ) по профилям.**

Линейная продуктивность при *равномерной сети* опробования:

$$M = \Delta x \cdot \left( \sum_1^N C_x - N \cdot C_{\phi} \right) \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \%$$

$\Delta x$  – расстояние между точками опробования, м;

$C_x$  – содержание элемента в пробе, в  $\text{н} \cdot 10^{-3} \%$ ;

$N$  – количество проб на профиле, попадающих в ореол  $C_{a1}$ ;

$C_{\phi}$  – фоновое содержание элемента, в  $\text{н} \cdot 10^{-3} \%$ .

При *неравномерной сети* опробования линейная продуктивность рассчитывается по следующей формуле:

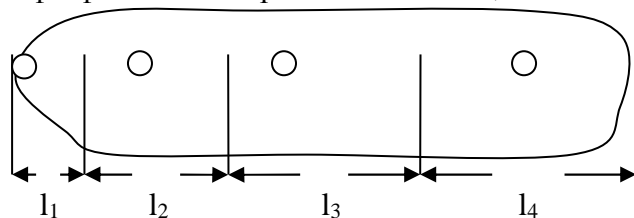
$$M = \left( \sum_1^N C_i \cdot l_i - a \cdot C_{\phi} \right) \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \%$$

$C_i$  – содержание элемента в пробе, в  $\text{н} \cdot 10^{-3} \%$ ;

$l_i$  – интервал влияния пробы, м;

$a$  – сумма интервалов влияния проб, м;

$C_{\phi}$  – фоновое содержание элемента, в  $\text{н} \cdot 10^{-3} \%$ .



$$\sum_1^N C_i \cdot l_i = C_1 \cdot l_1 + C_2 \cdot l_2 + C_3 \cdot l_3 + \dots + C_n \cdot l_n$$

$$a = \sum l_i = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$$

**5. Вычислить площадную продуктивность ореола ( $P$ ).**

$$P = L \cdot \sum_1^N M_i^2 \cdot \%$$

$$\sum_1^N M_i = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n$$

$L$  – расстояние между профилями, м.

**6. Определить количество металла в ореоле на глубину 1 м (q).**

$$q = 1m \cdot d \cdot P \cdot 10^{-2} \text{ (т/м}^3\text{)}$$

d – объемная масса руды, для колчеданных руд 2,5 т/м<sup>3</sup>;

**6. Определить прогнозные ресурсы металла в коре выветривания коренных пород (Qк.в.).**

Кора выветривания прослеживается до глубины 30-40 м.

$$Q_{к.в.} = q \cdot h_{к.в.} \text{ (т)}$$

h<sub>к.в.</sub> – мощность коры выветривания, взять среднее значение.

**8. Рассчитать прогнозные ресурсы металла в коренном оруденении (Qр.т.).**

$$Q_{р.т.} = 1/K \cdot q \cdot H \text{ (т)}$$

$$K_{Cu} = 0,5; K_{Zn} = 0,3;$$

H – глубина прогнозирования, H = 200 м.

**9. Построить геохимический ореол в разрезе по линии X.**

**10. Рассчитать линейную продуктивность ореола по скв. 115.**

**11. По результатам работы дать краткие выводы в виде отчетной геологической записки: вывод о масштабах оруденения и уровне представительного горизонта.**

*Представительный горизонт* – горизонт, на уровне которого ореолы обладают достаточной (максимальной) интенсивностью для их выявления.

*Масштабы оруденения* по запасам металла для меди и цинка:

запасы <10000 т – рудопроявление,

10000-100 000 т – мелкое месторождение,

100 тыс. т.-1 млн. т. – среднее месторождение,

1-5 млн. т. – крупное месторождение,

> 5 млн. т. уникальное месторождение.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Критические значения распределения  $\chi^2$

f	$\alpha$								
	95,0	90,0	10,0	5,0	2,5	1,0	0,5	0,1	0,05
1	0,00	0,02	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88	10,8	12,1
2	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6	13,8	15,2
3	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,3	12,8	16,3	17,7
4	0,71	1,06	7,78	9,49	11,1	13,3	14,9	18,5	20,0
5	1,15	1,61	9,24	11,1	12,8	15,1	16,7	20,5	22,1
6	1,64	2,20	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5	22,5	24,1
7	2,17	2,83	12,0	14,1	16,0	18,5	20,3	24,3	26,0
8	2,73	3,49	13,4	15,5	17,5	20,1	22,0	26,1	27,9
9	3,33	4,17	14,7	16,9	19,0	21,7	23,6	27,9	29,7
10	3,94	4,87	16,0	18,3	20,5	23,2	25,2	29,6	31,4
11	4,57	5,58	17,3	19,7	21,9	24,7	26,8	31,3	33,1
12	5,23	6,30	18,5	21,0	23,3	26,2	28,3	32,9	34,8
13	5,89	7,04	19,8	22,4	24,7	27,7	29,8	34,5	36,5
14	6,57	7,79	21,1	23,7	26,1	29,1	31,3	36,1	38,1
15	7,26	8,55	22,3	25,0	27,5	30,6	32,8	37,7	39,7
16	7,96	9,31	23,5	26,3	28,8	32,0	34,3	39,3	41,3
17	8,67	10,1	24,8	27,6	30,2	33,4	35,7	40,8	42,9
18	9,39	10,9	26,0	28,9	31,5	34,8	37,2	42,3	44,4
19	10,1	11,7	27,2	30,1	32,9	36,2	38,6	43,8	46,0
20	10,9	12,4	28,4	31,4	34,2	37,6	40,0	45,0	47,5
21	11,6	13,2	29,6	32,7	35,5	38,9	41,4	46,8	49,0
22	12,3	14,0	30,8	33,9	35,8	40,3	42,8	48,0	50,5
23	13,1	14,8	32,0	35,2	38,1	41,6	44,2	49,7	52,0
24	13,8	15,7	33,2	36,4	39,4	43,0	45,6	51,2	53,5
25	14,6	16,5	34,4	37,7	40,6	44,2	46,9	52,6	54,9
26	15,4	17,3	35,6	38,9	41,9	45,6	48,3	54,1	56,4
27	16,2	18,1	36,7	40,1	43,2	47,0	49,6	55,5	57,9
28	16,9	18,9	37,9	41,3	44,5	48,3	51,0	56,9	59,3
29	17,7	19,8	39,1	42,6	45,7	49,6	52,3	58,3	60,7
30	18,5	20,6	40,3	43,8	47,0	50,0	53,7	59,7	62,2
31	19,3	21,4	41,4	45,0	48,2	52,2	55,0	61,1	63,6
32	20,1	22,3	42,6	46,2	49,5	53,5	56,3	62,5	65,0
33	20,9	23,1	43,7	47,4	50,7	54,8	57,6	63,9	66,4
34	21,7	24,0	44,9	48,6	52,0	56,1	59,0	65,2	67,8
35	22,5	24,8	46,1	49,8	53,2	57,3	60,3	66,6	69,2
36	23,3	25,6	47,2	51,0	54,4	58,6	61,6	68,0	70,6
37	24,1	26,5	48,4	52,2	55,7	59,9	62,9	69,3	72,0
38	24,9	27,3	49,5	53,4	56,9	61,2	64,2	70,7	73,4
39	25,7	28,2	50,7	54,6	58,1	62,4	65,5	72,1	74,7
40	26,5	29,1	51,8	55,8	59,3	63,7	66,8	73,4	76,1
41	27,3	29,9	52,9	56,9	60,5	65,0	68,1	74,7	77,5
42	28,1	30,8	54,1	58,1	61,8	66,2	69,3	76,1	78,8
43	29,0	31,6	55,3	59,3	63,0	67,5	70,6	77,4	80,2
44	29,8	32,5	56,4	60,5	64,2	68,7	71,9	78,7	81,5
45	30,6	33,4	57,5	61,7	65,4	70,0	73,2	80,1	82,9
46	31,4	34,2	58,6	62,8	66,6	71,2	74,4	81,4	84,8
47	32,3	35,1	59,8	64,0	67,8	72,4	75,7	82,7	85,6
48	33,1	35,9	60,9	65,2	69,0	73,7	77,0	84,0	86,9
49	33,9	36,8	62,0	66,2	70,2	74,9	78,2	85,4	88,2
50	34,8	37,7	63,2	67,5	71,4	76,2	79,5	86,7	89,6



**Приложение 2**

**Значения  $q\%$  пределов для t-распределения Стьюдента в зависимости от  
числа  $f$  степеней свободы**

f \ q	10,0	5,0	1,0	0,5	0,1
1	6,314	12,706	63,657	127,30	636,6
2	2,920	4,303	9,925	14,089	31,600
3	2,353	3,182	5,841	7,453	12,922
4	2,132	2,776	4,604	5,597	6,610
5	2,013	2,571	4,032	4,773	6,869
6	1,943	2,447	3,707	4,317	5,959
7	1,895	2,365	3,499	4,029	5,408
8	1,860	2,306	3,355	3,833	5,041
9	1,833	2,262	3,250	3,690	4,781
10	1,812	2,228	3,169	3,581	4,578
12	1,782	2,179	3,055	3,425	4,318
14	1,761	2,145	2,977	3,326	4,140
16	1,746	2,120	2,921	3,252	4,015
18	1,734	2,101	2,878	3,193	3,922
20	1,725	2,086	2,845	3,153	3,849
22	1,717	2,074	2,819	3,119	3,792
24	1,711	2,064	2,797	3,092	3,745
26	1,706	2,056	2,779	3,067	3,704
28	1,701	2,048	2,763	3,047	3,674
30	1,697	2,042	2,750	3,030	3,646
	1,645	1,960	2,576	2,807	3,291

**Приложение 3**

### Критические значения распределения F $q=0,05$

f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>						
	1	2	3	4	5	6	7
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77
2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353
3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,014	8,941	8,887
4	7,709	6,944	6,591	6,988	6,256	6,169	6,094
5	6,606	5,786	5,410	5,192	5,050	4,950	4,876
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207
7	5,591	4,737	4,347	4,125	3,972	3,866	3,787
8	5,318	4,459	4,066	3,830	3,688	3,581	3,501
9	5,117	4,257	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,136
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,791	2,707
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514
21	4,325	3,467	3,073	2,840	2,685	2,573	2,488
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,450	2,336	2,249
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087
∞	3,042	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010

Продолжение приложения 3

f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>					
	8	9	10	12	15	20
1	238,88	240,54	241,88	243,91	245,95	248,01
2	19,371	19,385	19,396	19,413	19,429	19,446
3	8,845	8,812	8,786	8,745	8,703	8,660
4	6,041	5,999	5,964	5,912	5,858	5,803
5	4,818	4,773	4,735	4,678	4,619	4,558
6	4,147	4,099	4,060	4,000	3,938	3,874
7	3,726	3,677	3,637	3,575	3,511	3,445
8	3,438	3,388	3,347	3,284	3,218	3,150
9	3,230	3,179	3,137	3,073	3,006	2,937
10	3,072	3,020	2,976	2,913	2,845	2,774
11	2,948	2,896	2,854	2,788	2,719	2,646
12	2,849	2,796	2,753	2,687	2,617	2,544
13	2,767	2,714	2,671	2,604	2,533	2,459
14	2,699	2,646	2,602	2,534	2,463	2,388
15	2,641	2,588	2,544	2,475	2,404	2,328
16	2,591	2,538	2,494	2,425	2,352	2,276
17	2,548	2,494	2,450	2,381	2,308	2,230
18	2,510	2,456	2,412	2,342	2,269	2,191
19	2,477	2,423	2,378	2,308	2,234	2,156
20	2,447	2,393	2,348	2,278	2,203	2,124
21	2,421	2,366	2,321	2,250	2,176	2,096
22	2,397	2,342	2,297	2,226	2,151	2,071
23	2,375	2,420	2,275	2,204	2,128	2,048
24	2,355	2,300	2,255	2,183	2,108	2,027
25	2,337	2,282	2,237	2,165	2,089	2,008
26	2,321	2,266	2,220	2,148	2,072	1,990
27	2,305	2,250	2,204	2,132	2,056	1,974
28	2,291	2,236	2,190	2,118	2,041	1,959
29	2,278	2,221	2,177	2,105	2,028	1,945
30	2,266	2,211	2,165	2,092	2,015	1,932
40	2,180	2,124	2,077	2,004	1,925	1,839
60	2,097	2,040	1,993	1,917	1,836	1,748
120	2,016	1,959	1,911	1,834	1,751	1,659
∞	1,938	1,880	1,831	1,752	1,666	1,571

Продолжение приложения3						
f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>					
	24	30	40	60	120	∞
1	249,05	250,09	251,14	252,20	253,25	254,32
2	19,454	19,462	19,471	19,479	19,487	19,496
3	8,639	8,617	8,594	8,572	8,549	8,527
4	5,774	5,746	5,717	5,688	5,658	5,628
5	4,527	4,496	4,464	4,431	4,398	4,365
6	3,842	3,808	3,774	3,740	3,705	3,669
7	3,411	3,376	3,340	3,304	3,267	3,230
8	3,115	3,079	3,043	3,005	2,967	2,928
9	2,901	2,864	2,826	2,787	2,748	2,707
10	2,737	2,700	2,661	2,621	2,580	2,538
11	2,609	2,571	2,531	2,490	2,448	2,405
12	2,506	2,466	2,426	2,384	2,341	2,296
13	2,420	2,380	2,339	2,297	2,252	2,206
14	2,349	2,308	2,266	2,223	2,178	2,131
15	2,288	2,247	2,204	2,160	2,114	2,066
16	2,235	2,194	2,151	2,106	2,059	2,010
17	2,190	2,146	2,104	2,058	2,011	1,960
18	2,150	2,107	2,063	2,017	1,968	1,917
19	2,114	2,071	2,026	1,980	1,930	1,878
20	2,083	2,039	1,994	1,946	1,896	1,843
21	2,054	2,010	1,965	1,917	1,866	1,812
22	2,028	1,984	1,936	1,890	1,838	1,783
23	2,005	1,961	1,914	1,865	1,813	1,775
24	1,984	1,939	1,892	1,842	1,790	1,733
25	1,964	1,919	1,872	1,822	1,768	1,711
26	1,946	1,901	1,853	1,803	1,749	1,621
27	1,930	1,824	1,836	1,785	1,731	1,672
28	1,913	1,869	1,820	1,769	1,714	1,654
29	1,901	1,854	1,806	1,754	1,698	1,638
30	1,887	1,841	1,792	1,740	1,684	1,622
40	1,793	1,744	1,693	1,637	1,577	1,509
60	1,700	1,649	1,594	1,534	1,467	1,382
120	1,686	1,554	1,495	1,429	1,352	1,254
∞	1,517	1,459	1,394	1,318	1,221	1,00

Приложение 4

Критические значения коэффициента корреляции

f	q				
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,98769	0,99692	0,999507	0,999877	0,999988
2	0,90000	0,95000	0,98000	0,99000	0,99900
3	0,8054	0,8783	0,93433	0,95873	0,99116
4	0,7293	0,8114	0,8822	0,91720	0,97406
5	0,6694	0,7545	0,8329	0,8745	0,95074
6	0,6215	0,7067	0,7887	0,8343	0,92493
7	0,5822	0,6664	0,7498	0,7977	0,8982
8	0,5494	0,6319	0,7155	0,7646	0,8721
9	0,5214	0,6021	0,6851	0,7348	0,8471
10	0,4973	0,5760	0,6581	0,7079	0,8233
11	0,4762	0,5529	0,6339	0,6835	0,8010
12	0,4575	0,5324	0,6120	0,6614	0,7800
13	0,4409	0,5139	0,5923	0,6411	0,7603
14	0,4259	0,4973	0,5742	0,6226	0,7420
15	0,4124	0,4821	0,5577	0,6055	0,7246
16	0,4000	0,4683	0,5425	0,5897	0,7084
17	0,3887	0,4555	0,5285	0,5751	0,6932
18	0,3783	0,4438	0,5155	0,5614	0,6787
19	0,3687	0,4329	0,5034	0,5487	0,6652
20	0,3598	0,4227	0,4921	0,5368	0,6524
25	0,3223	0,3809	0,4451	0,4869	0,5974
30	0,2960	0,3494	0,4093	0,4487	0,5541
35	0,2746	0,3246	0,38,10	0,4182	0,5189
40	0,2573	0,3044	0,3578	0,3932	0,4896
45	0,2428	0,2875	0,3384	0,3721	0,4648
50	0,2306	0,2732	0,3218	0,3541	0,4423
60	0,2108	0,2500	0,2948	0,3248	0,4078
70	0,1954	0,2319	0,2737	0,3017	0,3799
80	0,1829	0,2172	0,2565	0,2830	0,3568
90	0,1726	0,2050	0,2422	0,2673	0,3375
100	0,1638	0,1946	0,2301	0,2540	0,3211

**Приложение 5**

**Критические значения  $\Delta^2$  в зависимости от числа проб N**

<b>N</b>	<b>q = 0,05</b>	<b>q = 0,01</b>	<b>N</b>	<b>q = 0,05</b>	<b>q = 0,01</b>
			21	873-2207	595-2387
			22	1022-2520	820-2722
			23	1187-2861	960-3068
			24	1370-3230	1115-3485
5	0-40		25	1570-3630	1267-3913
6	4-66	0-70	26	1789-4061	1475-4375
7	12-100	4-106	27	2028-4524	1681-4871
8	22-146	10-158	28	2287-5021	1906-5402
9	40-200	24-216	29	2569-5551	2140-5971
10	61-269	39-291	30	2873-6117	2414-6576
11	88-352	58-382	31	3199-6721	2700-7220
12	121-451	84-488	32	3550-7362	3008-7904
13	163-565	115-613	33	3926-8042	3338-8630
14	213-697	154-756	34	4328-8762	3693-9397
15	272-848	201-919	35	4757-9523	4073-10207
16	342-1018	257-1103	36	5213-10327	4476-11064
17	423-1209	322-1310	37	5698-11174	4908-11964
18	515-1423	398-1540	38	6213-12065	5366-12912
19	621-1659	484-1796	39	6758-13002	5853-13907
20	740-1920	583-2077	40	7334-13986	6367-14953


**Приложение 6**

**Средние содержания элементов в главных типах горных пород, почвах и  
земной коре (г/т или п\*10<sup>-4</sup>%) [по ]**

Атомный номер	Элемент	ультраосновные	основные	средние	кислые	Глины и глинистые сланцы	Кристаллические сланцы и песчаники	песчаники	Карбонатные породы	Почвы	Кларк земной коры
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	H	-	-	-	-	5080	2450	-	-	-	1100
2	He	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
3	Li	4,3	20	20	80	55	-	30	17	25	25
4	Be	0,2	0,4	1,8	3,5	3	-	2	0,6	0,3	2
5	B	5	5	15	15	50	-	35	20	20	12
6	C	100	200	300	300	19000	2360	13000	110000	20000	200
7	N	10	20	20	20	600	-	135	7	1000	20
8	O	439000	440000	462000	480000	491000	480000	510000	492000	490000	465000
9	F	100	400	500	800	600	700	300	300	200	640
11	Na	2200	19800	26800	27500	7860	15100	9200	2500	5000	23800
12	Mg	273000	40800	19600	6630	15400	19600	7300	46000	500	22600
13	Al	5000	81200	91200	78100	86600	90100	2900	9600	71000	80700
14	Si	205000	237000	280000	328000	261000	286000	347000	240000	330000	279900
15	P	100	1270	1050	870	610	790	400	500	800	1000
16	S	200	250	200	300	4200	1020	200	1200	700	330
17	Cl	100	60	100	200	800	200	11	150	100	180
18	Ar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22
19	K	300	7730	15200	32300	25100	22800	13200	2800	1400	21300
20	Ca	56900	71000	46900	16400	29400	21200	26700	325000	15000	38100
21	Sc	30	30	15	7	12	18	7	1	7	17
22	Ti	1600	10900	5500	2000	1000	3600	5000	600	5000	4900
23	V	87	300	150	70	150	150	30	19	90	190
24	Cr	2500	230	100	14	90	162	35	11	70	93
25	Mn	1000	1440	1160	540	700	930	400	400	1000	900
26	Fe	65600	87700	50400	26100	46600	51900	50000	8600	40000	53300
27	Co	80	30	20	10	19	24	9	1	8	23
28	Ni	1230	80	61	8	70	70	35	20	50	56
29	Cu	80	90	60	25	55	43	25	7	30	53
30	Zn	50	84	73	58	95	136	40	20	90	68
31	Ga	2,5	18	18	19	80	-	10	3,6	20	18
32	Ge	1,3	1,5	1,5	1,5	2,2	-	1,4	0,2	1,0	1,8
33	As	2	2	1,9	1,6	5	-	1,2	2	6	1,8
34	Se	0,1	0,13	0,07	0,04	1,0	-	1,0	0,08	0,4	0,073
35	Br	0,35	0,7	1,4	1,1	14	-	5,9	10	10	2,4
36	Kr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00004
37	Rb	2	50	95	210	130	130	68	24	35	110
38	Sr	17	460	440	270	260	285	250	370	250	370
39	Y	3,8	27	28	40	26	31	18	7,9	30	32
40	Zr	25	150	117	200	200	210	200	20	400	160
41	Nb	0,4	7	9	20	13,6	36	18	0,6	10	16
42	Mo	0,8	1,3	1	1,5	1,5	1	1,3	0,4	1,2	1,2
44	Ru	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-	0,004
45	Rh	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005
46	Pd	0,02	0,02	0,006	0,003	0,0005	-	0,0005	0,0005	-	0,009

47	Ag	0,06	0,1	0,017	0,04	0,-7	-	0,1	0,01	0,05	0,073
48	Cd	0,06	0,18	0,13	0,17	0,3	-	0,1	0,03	0,35	0,16
49	In	0,02	0,062	0,092	0,05	0,065	-	0,01	0,05	1	0,07
50	Sn	0,3	2	2,5	5	6	-	2,3	0,5		2,3
Атомный номер	Элемент	ультраосновные	основные	средние	кислые	Глины и глинистые сланцы	Кристаллические сланцы и парagneйсы	песчаники	Карбонатные породы	Почвы	Кларк земной коры
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51	Sb	0,1	0,35	0,2	0,3	1,35	-	0,2	0,15	1	0,3
52	Te	0,01	0,007	0,002	0,001	0,01	-	0,001	-	-	0,001
53	J	0,1	0,5	0,3	0,5	1	-	1	1,2	5	0,5
54	Xe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	Cs	0,1	1	1,4	5	14	3	9	0,2	4	4
56	Ba	45	290	400	700	550	670	300	50	500	470
57	La	0,92	17	25	35	35	30	15	8	40	30
58	Ce	1,5	31	40	72	73	81	35	12,5	50	70
59	Pr	0,3	3,7	3,2	9	8,6	10,6	4,7	2	7	7
60	Nd	1	16	23	31	30	42	18	7	35	30
62	Sm	0,3	4	4,2	9	7,3	6,5	4,2	1,7	4,5	7
63	Eu	0,3	1,5	1,2	1,3	1,3	1,7	0,8	0,5	1	1,2
64	Gd	0,45	4,7	5,6	7,5	6,2	8	3,4	1,9	4	7
65	Tb	0,1	0,71	0,8	1,1	0,7	0,8	1,3	1,3	0,7	1
66	Dy	0,53	5	3,5	4,1	4,4	4,5	3,2	3,2	5	4,6
67	Ho	0,15	1,2	1	1,4	1,1	1	1,2	0,17	0,6	1,3
68	Er	0,3	3	2,1	3,4	2,4	2,7	2,9	0,7	2	3,1
69	Tm	0,03	0,25	0,4	0,7	0,4	0,4	1,7	0,1	0,6	0,48
70	Yb	0,33	2	2,4	4	2,5	2,3	3,1	0,6	3	3
71	Lu	0,13	0,5	0,8	1,1	0,65	0,39	2	0,1	0,4	0,8
72	Hf	0,55	2,5	3	7	5,9	4,2	5,6	0,8	6	4
73	Ta	0,2	1	1	2,5	2	8	2	0,16	2	2,2
74	W	0,3	1	1,2	2	3,5	-	2,5	0,6	1,5	1,4
75	Re	0,0004	0,001	0,0002	-	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	-	0,0006
76	Os	0,006	0,0002	-	0,00007	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	-	0,0002
77	Ir	0,002	0,00008	-	0,00006	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	-	0,00065
78	Pt	0,08	0,02	0,008	0,003	9,03	0,03	0,03	0,03	-	0,005
79	Au	0,005	0,004	0,005	0,002	0,001	-	0,003	0,001	0,001	0,003
80	Hg	0,02	0,03	-	0,07	0,03	-	0,030	0,050	0,060	0,040
81	Tl	0,18	0,25	0,5	1,9	1,3	1	1,5	0,1	0,2	0,9
82	Pb	0,4	6	16	20	15	-	13	9	12	12
83	Bi	0,014	0,05	0,18	0,66	0,36	0,1	0,17	0,05	0,2	0,2
91	Th	0,08	1,8	8	21	11,5	12,5	10,4	2,3	9	12
92	U	0,025	0,6	2	4,5	4	2,5	2,9	2,5	2	3



**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.10 РАЗВЕДКА И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность:  
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация  
***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ  

---

*(название кафедры)*  
Протокол № 1 от 23.09.2021  

---

*(Дата)*

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
2. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ	6
3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	7
3.1. Введение	7
3.2. Общие сведения о районе работ	8
3.2.1. Географо-экономическая характеристика	8
3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ	8
3.3. Геологическое строение района	9
3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)	9
3.5. Методика и объемы проектируемых работ	10
3.5.1. Целевое геологическое задание	10
3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ	11
3.5.3. Прочие виды работ	12
3.5.4. Опробование и аналитические работы	12
3.5.5. Подсчет прогнозных ресурсов и запасов и их геолого-экономическая оценка	13
3.6. Заключение	15
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Образец оформления штампа на листах графики	19

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта по дисциплине «Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых» является формирование у будущих специалистов системы знаний, раскрывающих методологию решения геологоразведочных задач и принципы геолого-экономической оценки месторождений.

Проектирование является сложным и ответственным видом работ. От качества проекта на производство геологоразведочных работ во многом зависит их конечный результат. Во время обучения в вузе основное внимание уделяется ознакомлению с новой информацией, большей частью теоретического характера. Молодой специалист, оказавшись на производстве, остро ощущает недостаток практического опыта. В первую очередь это касается необходимости принимать самостоятельные инженерные решения, направленные на выполнение геологического (технического) задания. Составляя курсовую работу, студенты приобретают определенные навыки в проектировании геологоразведочных работ, необходимые в дальнейшем для разработки выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) и будущей профессиональной деятельности.

Курсовая работа выполняется студентами 5-го курса на базе материалов, собранных при прохождении преддипломной производственной практики. При отсутствии необходимых данных, требуемых для составления работы, сведения предоставляет кафедра. В том случае, если студент располагает достаточно представительным материалом, позволяющим произвести его углубленную обработку с использованием современных компьютерных технологий и на этой основе рассмотреть те или иные вопросы, составление проекта может быть заменено решением той или иной методической задачи геологоразведочной направленности.

Для подготовки курсовой работы студенты во время прохождения производственной практики должны собрать необходимые графические и текстовые материалы. Графические материалы включают: 1) геологическую

карту района работ в масштабе 1:50 000, 1:100 000 или 1:200 000 с разрезами, стратиграфической колонкой и условными обозначениями (легендой); 2) геологическую карту (план) месторождения (рудного поля) масштаба 1:25 000, 1:10 000 или крупнее; 3) геологические разрезы по месторождению или его части; 4) план подсчета запасов (продольная проекция). Графика сопровождается описанием геологии района и месторождения (участка), методики геологоразведочных работ, данными по подсчету запасов с результатами геолого-экономической оценки.

Для курсового проекта допускается отсутствие геологической карты района, однако для дипломного проекта она необходима. Исключение составляют проекты по нефтяным и газовым объектам, для которых вместо геологической карты района представляется, как правило, мелко-среднемасштабная тектоническая схема с указанием важнейших нефтегазоносных структур.

Главной задачей курсового проекта является обоснование методики геологоразведочных работ, отвечающих определенной стадии. В соответствии с Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (1999) темой курсового проекта оценочные работы, разведка, или эксплуатационная разведка, например:

- оценочные работы на проявлении Нырдовоменшорское на медноколчеданное оруденение (Полярный Урал);
- разведка Главной рудной зоны Сусанского месторождения золота (Свердловская область);
- разведка глубоких горизонтов Астафьевского месторождения бокситов (Южный Урал);
- разведка северного фланга Мансуровского месторождения гранитов (Южный Урал);
- эксплуатационная разведка южной части нижнего рудного уровня Узельгинского месторождения (Челябинская область).

Независимо от выбранной стадии при выполнении курсового проекта студент должен решить следующие инженерные задачи:

- осветить степень геологической изученности рассматриваемой площади;
- определить главные задачи проектируемых работ;
- сформулировать целевое геологическое задание;
- выбрать и обосновать комплекс методов для выполнения целевого задания, определить виды и объемы запроектированных работ;
- произвести проектный подсчет запасов по объекту изучения с их геолого-экономической оценкой.

Задание на составление курсового проекта оформляется на специальном бланке, которое выдается преподавателем. На бланке указывается тема (название) проекта и сроки его выполнения. Преподаватель помогает студенту составить план проекта, рекомендует необходимую литературу, оказывает индивидуальные консультации.

На выполненный проект преподавателем пишется рецензия. Окончательная оценка выставляется после публичной защиты.

При подготовке методических рекомендаций использованы учебно-методические разработки кафедры ГПР МПИ к составлению курсовых проектов по дисциплинам «Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых» (А. Г. Баранников, 2013) и «Разведка и геолого-экономическая оценка МПИ» (Балахонов В. С., 2005), с которыми студенты могут подробнее ознакомиться на кафедре.

## **2. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ**

Курсовой проект состоит из текстовой части и графических приложений. Текст работы не должен превышать по объему 25-35 страниц машинописного текста и включает следующие разделы (в скобках указан ориентировочный объем):

- титульный лист;
- оглавление;

- введение (1 стр.);
- общие сведения о районе работ (1-2 стр.);
- геологическое строение района (2-5 стр.);
- геологическая характеристика объекта (4-6 стр.);
- методика и объемы проектируемых работ (12-14 стр.);
- подсчет запасов, их геолого-экономическая оценка (2-3 стр.);
- заключение (1 стр.);
- список использованной литературы.

Текст работы представляется в распечатанном виде. Допускается также рукописный вариант. Страницы текста должны соответствовать формату А4 (297x210 мм). Поля по всему периметру – 20 мм. Перед текстовой частью помещается титульный лист (приложение 1), индивидуальное задание и оглавление.

Текст иллюстрируется схемами, фотографиями, зарисовками. Они должны иметь наименования, условные обозначения, масштаб и обозначаются как рисунок под соответствующим номером.

Графические приложения представляются на двух или трех листах. В правом нижнем углу помещается штамп установленного образца (приложение 2). Первым листом является геологическая карта района со стратиграфической колонкой, легендой, разрезом. Как отмечалось выше, в курсовой проект карта района может не включаться, но для дипломного проекта она необходима. На втором листе помещается геологическая карта месторождения или участка работ. Этот лист является основным и имеет методическое значение. На него наносятся известные месторождения, проявления и пункты минерализации, геохимические и геофизические аномалии, шлиховые ореолы. Здесь же указываются направления геологических маршрутов, проектные геофизические и геохимические профили, пройденные и проектные геологоразведочные выработки. Второй лист может представлять собой план подсчета запасов по месторождению, участку месторождения, эксплуатируемому этажу или уступу. Карта участка (месторождения) сопровождается одним или двумя типичными

разрезами, в том числе проектным, которые могут быть помещены на отдельном листе. При необходимости в графические приложения включается вертикальная продольная проекция рудного тела с блокировкой запасов и указанием пройденных и проектных выработок.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

#### ***3.1. Введение***

Во введении обосновывается актуальность проекта и характеризуются исходные материалы, положенные в его основу. Оценивается потребность промышленности в данном виде минерального сырья, его конъюнктура на мировом и российском рынках. Рассматривается необходимость развития минерально-сырьевой базы региона в целом и данного вида полезных ископаемых в частности.

Указывается место и сроки прохождения производственной практики, организация, должность, выполнявшиеся работы. Приводятся основные фондовые и литературные источники, использованные при написании работы.

#### ***3.2. Общие сведения о районе работ***

##### ***3.2.1. Географо-экономическая характеристика района***

Указывается административное положение района работ, ближайшие населенные пункты, пути сообщения, возможности использования разных видов транспорта, ведущие промышленные объекты, источники энергообеспечения, наличие стройматериалов, возможности найма рабочих на месте. Описывается орографическая характеристика: характер рельефа, абсолютные и относительные превышения, климат, гидрографическая сеть, режимы рек, источники питьевого и технического водоснабжения, наличие карстовых явлений, многолетней мерзлоты. Характеризуется растительный и животный мир, распространение покровных образований, кор выветривания, их мощности. Особо отмечается обнаженность пород, дешифрируемость аэро-космоснимков.

Перечисленные данные позволяют произвести анализ природных условий ведения геологоразведочных работ, учитываются при геолого-экономической оценке рудных объектов.

Для иллюстрации раздела приводится мелкомасштабная обзорная карта (схема) района с указанием местоположения участка работ.

### *3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ*

Кратко освещаются основные результаты ранее выполненных на площади геологических, геофизических, геохимических и других видов работ. Обзор проводится в хронологическом порядке. Текст может сопровождаться схемами изученности.

Оценивается достоверность ранее выполненных исследований и обосновывается выбор участка проектируемых работ, обсуждается степень его разведанности, изученность вещественного состава с точки зрения комплексного использования полезных ископаемых, а также возможные перспективы продолжения оруденения на глубину или фланги месторождения, обнаружения слепых рудных тел.

### *3.3. Геологическое строение района*

Приводятся данные о геолого-структурной позиции участка работ. Последовательно излагаются сведения по стратиграфии и литологии, магматизму, тектонике, гидрогеологии и полезным ископаемым. Для районов, перспективных на россыпное оруденение, дается геоморфологическая характеристика.

При описании полезных ископаемых кратко описываются все известные месторождения и рудопроявления, включая сведения о размерах залежей, их форме, минеральном составе, принадлежности к определенному рудно-формационному промышленному типу.

В дипломном проекте текст сопровождается геологической картой района со стратиграфической колонкой, условными обозначениями (легендой) и



разрезами. При подготовке раздела следует обратить внимание на совпадение текстовых и графических материалов. В тексте должны быть охарактеризованы свиты и комплексы, представленные на графике. Соответственно, геологическая карта, колонка, легенда и разрезы должны содержать одни и те же стратиграфические и интрузивные образования.

### ***3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)***

В зависимости от проектируемой стадии ГРР объектом работ является перспективный район, участок, рудопоявление или месторождение.

В данной главе уточняются и детализируются сведения, представленные в предшествующем разделе. Рассматриваются структурно-вещественные комплексы, образующие геолого-структурную позицию участка или месторождения. К ним относятся вмещающие горные породы, магматические тела, разломы, складки, вулканические структуры, геологические контакты.

В целом, описание участка или месторождения обычно включает следующие позиции:

- горные породы, участвующие в его строении;
- структурный контроль в размещении оруденения или структура рудного поля;
- характеристика выявленной минерализации. Для поздних стадий ГРР обязательно описывается форма, размеры, условия залегания рудных тел, вещественный состав руд, их текстурно-структурные особенности, первичная и вторичная зональность, генезис месторождения, а также характеризуются горно-геологические, инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождения.

Раздел иллюстрируется крупномасштабной геологической картой месторождения, детальными геологическими разрезами, в том числе обязательно проектным. При необходимости представляется продольная проекция, построенная в плоскости падения, или вертикальная, на которой показано размещение запасов разных категорий.

### ***3.5. Методика и объемы проектируемых работ***

#### *3.5.1. Целевое геологическое задание*

С учетом представленного выше обоснования формулируется геологическое задание, которое должно отвечать определенной стадии геологоразведочного процесса:

- оценочные работы;
- разведка участка месторождения, флангов, глубоких горизонтов;
- эксплуатационная разведка.

При формулировке задания важно отметить, какой промышленный тип оруденения ожидается, оговорить границы участка проектируемых работ и их масштаб.

#### *3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ*

При проектировании оценочных и разведочных работ методические вопросы решаются на основе анализа особенностей структуры участка, формы, размеров и условий залегания тел полезных ископаемых, изменчивости выявленных параметров оруденения (мощности, содержания полезных компонентов).

В соответствии с инструктивными материалами ГКЗ МПР РФ, определяется группа сложности месторождения, перечень основных видов работ, необходимых для решения задач данной стадии, плотность сети наблюдения для разных категорий запасов. Обосновывается система разведки и технические средства, расположение и порядок проходки технических средств.

Описание каждого вида работ завершается расчетом проектных объемов.

#### *3.5.3. Прочие виды работ*

Обязательным элементом геологоразведочных работ являются топо-геодезические или маркшейдерские исследования. Рассмотрение этого вопроса начинается с анализа имеющейся топоосновы. Предусматривается инструментальная привязка опорной сети геофизических наблюдений, буровых скважин и горных выработок, базисных линий на участках детализационных работ.

На стадии разведки обязательно должна быть описана методика гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений с определением объемов этих работ.

Обязательным элементом разрабатываемого проекта является рассмотрение экологических вопросов. Необходима оценка влияния геологоразведочных работ на окружающую среду. Это влияние может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, исключении из хозяйственного оборота плодородных земель и т.д. В проекте должны быть предусмотрены мероприятия, предотвращающие или уменьшающие вредное воздействие ГРР на экологию.

#### *3.5.4. Опробование и аналитические работы*

С учетом типа оруденения, особенностей вещественного состава, формы, предполагаемой мощности рудных залежей, а также планируемых объемов горноразведочных и буровых работ, предусматриваются необходимые виды опробования – химическое, минералогическое, техническое, технологическое. Обосновываются способы отбора проб, необходимые для решения поставленных задач (штуфное, бороздое, точечное, керновое и т.д.). Обсуждаются возможности использования геофизических методов опробования. Дается схема обработки проб на отдельно вычерченном листе в текстовой части проекта.

Перечисляются планируемые виды лабораторных работ, определяются их объемы с учетом внутреннего и внешнего контроля (3-5% от общего объема проб). Аналитические исследования в зависимости от типа полезного ископаемого и целевого назначения проекта могут включать следующие виды испытаний проб: химический, минералогический, спектральный, пробирный, атомно-абсорбционный, рентгено-спектральный, рентгено-структурный и др. Для каждого вида аналитических исследований определяются цели и решаемые задачи.

### *3.5.5. Подсчет проектных запасов и их геолого-экономическая оценка*

На стадиях оценочных и разведочных работ одним из завершающих этапов проектирования является оконтуривание тел полезных ископаемых на месторождении, его флангах, глубоких горизонтах с переводом прогнозных ресурсов и запасов в более высокие категории. Для этого необходимо дать характеристику как уже оцененных, так и ожидаемых ресурсов и запасов.

Указываются кондиции, принятые для оконтуривания залежей и выделения подсчетных блоков. Излагается методика подсчета запасов по результатам проектируемых работ. Выбирается и обосновывается способ подсчета запасов в зависимости от особенностей геологического строения месторождения (формы, состава, условий залегания). Излагаются принципы выделения категорий запасов по степени разведанности (плотности разведочной сети) и изученности (выхода керна, вещественного состава руд, технологических, горнотехнических и гидрогеологических условий) для месторождений разных групп по сложности геологического строения. Раскрываются принципы выделения подсчетных блоков и проведение их границ на выходах, флангах и по падению. Характеризуются параметры подсчета запасов, методика их обоснования (площади подсчетных блоков, мощности, среднее содержание, объемная масса). Приводится сводный формуляр подсчета общих ожидаемых запасов по категориям. Контуров категорий запасов, выделенных на основании проектируемых работ, рекомендуется закрасить следующими цветами: категория А – розовый, В – зеленый, С<sub>1</sub> – голубой, С<sub>2</sub> – желтый.

Методика геолого-экономической оценки на разных стадиях геологоразведочного процесса не одинакова.

Основной инструмент геолого-экономической оценки – обоснование кондиций. По материалам завершенных геологоразведочных работ (разведка, доразведка) для определения целесообразности и экономической эффективности освоения месторождения составляют постоянные кондиции.

ГЭО осуществляется поэтапно. На стадии оценочных работ – по укрупненным показателям, без учета налогов, отчислений и платежей, а позднее по результатам разведки – с их учетом.

В условиях рыночных отношений оценку эффективности освоения месторождений, а также сравнение различных инвестиционных проектов и выбор лучшего из них, производят с использованием следующих показателей.

1. Чистый дисконтированный доход, или чистая дисконтированная стоимость, интегральный стоимостной эффект (ЧДД) – это превышение интегральных денежных результатов над соответствующими интегральными затратами или сумму всех доходов от эксплуатации месторождения за весь расчетный период. Освоение месторождения считается эффективным при положительном значении величины чистого дисконтированного дохода. При отрицательном значении ЧДД рассматриваемый вариант инвестиционного проекта должен быть признан убыточным.

2. Индекс доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных доходов к величине приведенных инвестиций. В экономически эффективных проектах величина индекса доходности должна быть больше единицы.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД), или внутренняя норма прибыли, рентабельность возврата инвестиций. ВНД означает норму дисконта, при которой величина приведенных доходов равна приведенным инвестициям, а чистый дисконтированный доход становится равным нулю. Освоение месторождения считается эффективным и приемлемым, если  $ВНД > E$ , где  $E$  – принятая в расчете норма дисконтирования прибыли.

4. Срок окупаемости капитальных вложений ( $T_0$ ) с учетом дисконтирования стоимостных показателей определяет временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы равны приведенным инвестициям. Приемлемым считается срок окупаемости инвестиций, равный 5-7 годам. Предельное значение  $T_0$  составляет 10 лет.

Процесс геолого-экономической оценки месторождения завершают выбором оптимального варианта освоения объекта, для которого определены кондиции и показатели экономической эффективности его освоения.

При геолого-экономических расчетах необходимо использовать рекомендуемые учебные пособия кафедры.

### ***3.6. Заключение***

В заключение работы приводятся краткие выводы по каждой главе и проекту в целом.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**Баранников А. Г., Никулина И. А., Хасанова Г. Г.** Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / А. Г. Баранников, И. А. Никулина, Г. Г. Хасанова; Урал. Гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Тзд-во УГГУ, 2018ю – 184 с.

**Баранников А. Г., Макарова С. В.** Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 95 с.

**Дворник Г. П., Угрюмов А. Н.** Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 220 с.

**Каждан А. Б.** Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки). М.: Недра, 1984. – 285 с.

**Каждан А. Б.** Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Производство геологоразведочных работ). М.: Недра, 1985. – 288 с.

**Классификация запасов** месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждена приказом МПР РФ от 07.03.1997. – 9 с.

**Петруха Л. М.** Разведка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 247 с.

**Положение о порядке** проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС, 1999. – 28 с.

**Рудничная геология** / В. Ф. Мягков, А. М. Быбочкин, И. И. Бугаев и др. М.: Недра, 1986. – 199 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Образец выполнения титульного листа

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО  
Уральский государственный горный университет  
Факультет геологии и геофизики

### КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему:

РАЗВЕДКА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ОГАНЧИНСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА (КАМЧАТКА)

Руководитель

доц. Никулина И. А.

Студент

Попов С. М.

Группа

PM-15

Екатеринбург – 2018

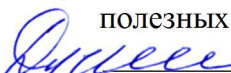


## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Образец заполнения штампа к чертежам

Министерство образования и науки РФ Уральский государственный горный университет		20		
30	Исполнитель: студент гр. РМ-15 С. М. Попов	Геологический план Оганчинского месторождения	20	
30	Руководитель: доцент И. А. Никулина	К курсовому проекту на тему: «Разведка глубоких горизонтов Оганчинского месторождения золота (Камчатка)»		20
		Масштаб 1:1000	Дата	Приложение № 2
	50	30	35	35
	150			



**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.10 РАЗВЕДКА И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность:  
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация  
***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ  

---

(название кафедры)

Протокол № 1 от 23.09.2021  

---

(Дата)

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

Тема	Название	Стр.
	Введение	3
1	Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения	5
2	Геологические основы разведки	15
3	Методические основы разведки	40
4	Подсчет запасов полезных ископаемых	69
5	Геолого-экономическая оценка месторождений	88
	Заключение	104

## Введение

Геологоразведочные работы являются важнейшим фактором устойчивого развития экономики страны. Сырьевую базу в настоящее время составляют *более ста видов твердых полезных ископаемых*. Усилиями многих поколений российских геологов найдены и введены в промышленное освоение тысячи месторождений полезных ископаемых. На этой основе создана уникальная минерально-сырьевая база страны.

Россия занимает места в *первой пятерке стран мира* по запасам и добыче железных и медных руд, золота, серебра, платиноидов, вольфрама, молибдена, кобальта, никеля. За счет этих руд государство обеспечивает внутренний рынок, эксплуатирует значительные объемы сырья и продукции его переработки. Бюджет государства во многом формируется за счет освоения минерально-сырьевых ресурсов. Экспорт продукции (по данным Федерального агентства по недропользованию РФ) составляет 50-70 % от объема добычи (по вольфраму, кобальту, никелю, меди, золоту, платиноидам). Существенна роль России как мирового производителя и экспортера алмазов, апатита, калийных солей, хризотил-асбеста, бора.

В то же время далеко не благополучным является состояние минерально-сырьевой базы по таким полезным ископаемым, как цинк, свинец, олово, сурьма, барий, графит и др. Внутреннее потребление этих видов сырья определяет необходимость их ввоза из-за рубежа. Многие районы с горнопромышленной направленностью испытывают в настоящее время острый недостаток в добываемом сырье (по железу, меди, свинцу, цинку, золоту). К остродефицитным полезным ископаемым также относятся бокситы, титан, цирконий, бентониты, каолины и др.

Итак, минерально-сырьевой комплекс был и остается *гарантом дальнейшего развития страны* на длительную перспективу, источником получения средств на реконструкцию и техническое перевооружение промышленности. Поэтому подготовка высококвалифицированных кадров в области «разведочного дела» в рамках специализации «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых» (направления 25.05.02 «Прикладная геология») остается актуальной и востребованной задачей.

Содержание Учебного пособия во многом базируется на обобщении научного и учебно-методического материала, содержащего в учебниках, учебных пособиях, методических рекомендациях, подготовленных в разные годы. В первую очередь, необходимо упомянуть работу В. М. Крейтера (1940) по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых, а также труды тех, кто продолжал развивать и углублять сформулированные В. М. Крейтером научные проблемы и направления (работы А. Б. Каждана, Е. О. Погребицкого, В. И. Тернового, Г. С. Поротова, Л. И. Четверикова, П. П. Ясковского, В. В. Шелелева, в том числе сотрудников кафедры поисков и разведки МПИ – В. Ф. Мягкова, А. С. Вершинина, И. И. Бугаева, Л. М. Петрухи, Ю. К. Панова и др.). Из публикаций этих авторов в Учебном пособии заимствована большая часть приведенных в пособии таблиц и иллюстраций.

Современная геологическая наука не может ограничиваться изучением лишь качественных сторон явлений и процессов. Она «должна выявлять их количественные

характеристики, обеспечив тем самым более высокий научный уровень исследования земных недр» (Каждан, Гуськов, 1990). Необходимость внедрения математических методов при решении геологоразведочных задач признается в настоящее время всеми геологами. Их применение обеспечивает возможность перехода от словесных, часто субъективных определений изучаемых объектов, к их более объективным количественным оценкам. Накопленный на кафедре опыт математической обработки собранной геологической информации отражен в 11, 13 и 15 главах пособия. Более подробно вопросы количественной обработки накопленной геологической информации рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

В результате изучения дисциплины «Разведка и ГЭО месторождений полезных ископаемых» студент приобретает ряд компетенций, знаний и умений (Рабочая программа Б1.В.ОД.5).

Студент должен:

**А. знать:**

- задачи, принципы, технические средства и системы разведки; классификацию запасов полезных ископаемых; требования промышленности к качеству минерального сырья на стадии разведки;
- методики комплексной оценки минерального сырья;
- подходы к сбору и обработке количественной геологической информации с использованием компьютерных технологий.

**Б. уметь:**

- составлять проекты на геологоразведочные работы, обосновывать рациональную разведочную сеть;
- оконтуривать запасы разных категорий, выполнять подсчет запасов разными методами;
- выполнять оценку географо-экономических, горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств минерального сырья.

**В. владеть:**

- методикой обоснования видов и объемов проектируемых работ;
- приемами определения параметров при подсчете запасов полезных ископаемых;
- методикой определения величины инвестиций, показателей эффективности освоения месторождения в базовом и коммерческом вариантах.

## Тема 1

### Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения

#### РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ЕЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

*Разведка месторождений* – это комплекс работ и связанных с ними исследований, направленных на выявление, оконтуривание и геолого-экономическую оценку запасов минерального сырья в недрах. Разведочные работы вносят определяющий вклад в геологическое изучение минерализованных участков недр на предпроектной стадии промышленного освоения объекта. По завершению разведки и получению положительных результатов геолого-экономической оценки изучаемое проявление полезного ископаемого приобретает *статус месторождения*.

Разведка начинается с момента составления проекта на производство геологоразведочных работ. Обычно эти работы включают: геологическое картирование площади рудного поля и месторождения; выявление и оценку выходов рудных тел; проходку горных выработок и скважин, их документацию и опробование; проведение комплекса геофизических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических исследований; геодезическую съёмку. По результатам геологоразведочных работ составляются геологические разрезы, планы, проекции. Они отражают размеры, условия залегания и строение тел полезных ископаемых. Дается характеристика полезного ископаемого, подсчитываются его запасы. На основе полученных данных проводится геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождения, обосновываются выводы о его промышленном значении. Все сказанное позволяет отметить, что разведка как прикладная геологическая наука находится на стыке областей знаний, включающих: накопленные сведения о геологическом строении месторождения, его сопоставление с определенным геолого-промышленным типом; вопросы горного дела (в связи с обоснованием способа разработки месторождения); определение потенциальной ценности объекта, рентабельности его разработки; обоснованность задействованных технических средств разведки, влияющих на надежность получаемых результатов; обработку полученных результатов с использованием современных компьютерных технологий (рис. 1).

Основной *целью* выполняемых геологоразведочных работ является *получение информации*, необходимой и достаточной для: проектирования предприятия по добыче полезного ископаемого и переработке минерального сырья, реконструкции действующего рудника, определения путей его дальнейшего развития, оценки перспектив выявления новых тел полезных ископаемых на площади рудного поля. Собранная и качественно обработанная информация должна обеспечить *решение основной задачи* разведочных работ – подготовку месторождения к промышленному освоению.

Успешному решению сформированных задач должно способствовать: построение цифровых моделей месторождений с использованием ИТ технологий; реализация разведочных систем, соответствующих природным особенностям объекта и обеспечивающим надежное локальное прогнозирование геолого-промышленных параметров.

*Сущность разведки* сводится к оконтуриванию, прослеживанию промышленно ценных участков природных скоплений полезного ископаемого путем выборочного пересечения минерализованного объема недр разведочными выработками (скважинами, горными выработками) с последующим геологическим и геофизическим их изучением (документацией) и опробованием. Таким образом, информацию, необходимую для принятия проектных решений по разработке и переработке добываемого минерального сырья, получают на весьма скудном материале. Разведка обычно не позволяет раскрыть все детали строения минерализованных пород. Отчасти эти задачи решаются при использовании геофизических методов (в том числе, зондирования межскважинного пространства), а также на стадии эксплуатационной разведки. Материалы разведки позволяют сконструировать *модель месторождения*, которая по своим параметрам должна быть максимально приближена к истинному объекту (рис. 2). Возможность разработки технических проектов на основе обобщения ограниченной разведочной информации подтверждена практикой разведки и освоения месторождений. Здесь работает известный в математической статистике выборочный метод исследования оцениваемых свойств (в разведке – геолого-промышленных параметров) на основе обобщения данных лишь части свойств, вошедших в изучаемую выборку (Петруха, 2003). На каждой последующей стадии геологоразведочных работ формируемая выборка свойств становится более представительной. На современном этапе изучения недр все недропользователи обязаны выполнить необходимые расчеты по геолого-экономической оценке (ГЭО) обосновываемых запасов и прогнозных ресурсов. Оценка является исследовательским процессом, связанным с выявлением возможных конкурентоспособных вариантов оконтуривания и промышленного освоения запасов месторождения и выбором среди них рационального с позиций максимальной доходности предприятия. Наиболее полная ГЭО осуществляется по результатам разведки месторождения. Оценка по результатам поисков базируется на тех же единых методологических принципах, но из-за ограниченности имеющихся материалов является мало достоверной (Шевелев, 2004).

При проведении ГЭО учитываются следующие положения:

1. Обоснование рационального и комплексного использования недр, включающее основные и попутные компоненты, отходы добычи и переработки сырья.
2. Определение показателей эффективности освоения месторождения (ЧДД – чистый дисконтированный доход, ИД – индекс доходности, ВНД – внутренняя норма доходности, Р – рентабельность разработки, Т – срок окупаемости капвложений).
3. Учет обязательных платежей и налогов, плата за кредит (необходимый для организации работ по разработке месторождения).
4. Учет фактора времени и риска при оценке месторождения.
5. Оценка экологических и социальных последствий разработки месторождения.
6. Выбор оптимального варианта освоения месторождения.
7. Обоснование кондиций на минеральное сырье.

Важнейшие результирующие показатели ГЭО, установленные параметры кондиций, подсчитанные с их использованием балансовые и забалансовые запасы вносятся в Государственный кадастр месторождений полезных ископаемых. При этом



необходимо отражать в кадастре два подхода к оценке объекта – базовый и коммерческий, чтобы при необходимости оперативно осуществлять переоценку месторождения.

#### КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ УЧЕНИЯ О РАЗВЕДКЕ НЕДР

Учение о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых пришло из потребностей горного дела. Долгие годы работы по поиску и добыче руд велись на основе опыта многих поколений рудознатцев. Разработки в этой области знаний методического и организационного характера появились значительно позже. Первые труды принадлежат Г. Агриколе (1530), И. А. Шлаттеру (1760), М. В. Ломоносову (1763). Целая эпоха в развитии горного промысла и геологии связана с именем Петра I. Им был организован «Приказ рудокопных дел», реорганизованный в 1719 г. в Берг-коллегию. Коллегия взяла на себя руководство горнозаводской промышленностью Российской империи.

В XIX веке разведка месторождений не проводилась. Открытые месторождения сразу же вовлекались в разработку. Разведочные методы начинают развиваться и совершенствоваться в конце XIX века и позднее. Первыми в этом направлении были работы проф. Войслова (1899), проф. Корзухина (1908), В. С. Реутовского, Б. И. Бокия (1914).

Методологические основы разведки складывались и совершенствовались по мере расширения сырьевой базы страны, развития горнорудной промышленности. Однако в начале XX века разведочное дело ещё не имело самостоятельного развития и рассматривалось как один из разделов учения о полезных ископаемых. Первая работа по экспертизе и оценке рудных месторождений была опубликована Н. И. Трушковым в 1922 г. В 1924 г. в Петроградском горном институте К. П. Марковым прочитан курс разведочного дела. Начиная с 1927 г. этот курс читал И. С. Васильев, впервые изложивший важнейшие методические положения разведки.

Основоположником учения о поисках и разведке полезных ископаемых по праву считается В. М. Крейтер. Им были организованы кафедры поисков и разведки МПИ в Московском геологоразведочном институте и Институте цветных металлов и золота. Его фундаментальный труд «Поиски и разведка полезных ископаемых», изданный в 1940 г., несколько раз переиздавался и стал настольной книгой геологов-разведчиков нескольких поколений.

В 1922 г. кафедра поисков и разведки МПИ была организована в Уральском (Свердловском) горном институте. Её первым заведующим был назначен руководитель геологической службы Урала Б. В. Дидковский. В последующие годы кафедру возглавляли А. П. Смолин, В. П. Любимов, П. И. Кутюхин, М. Н. Альбов, И. И. Бугаев, В. Ф. Мягков, А. Г. Баранников. В 1999 г. произошло объединение ряда кафедр геологического факультета. Объединенную кафедру геологии, поисков и разведки МПИ возглавил проф. В. А. Душин.

Большой вклад в развитие теории и практики разведочного дела, опробования и подсчета запасов полезных ископаемых внесли исследования М. Н. Альбова, Н. В. Барышева, И. Д. Когана, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, Е. О. Погребницкого, Г. С. Поротова и др. Научные основы геометризации недр заложены исследованиями П. К. Соболевского (1926-1932). Он рассматривал тела полезных ископаемых как совокупность

взаимно связанных геохимических полей и на этой основе сформулировал принципы геометрического моделирования.

В середине XX века во все отрасли геологии, включая вопросы оценки месторождений, проникли математические методы обработки информации. Этому способствовало появление и развитие электронно-вычислительной техники, а позднее – IT технологий. Кроме теории вероятности и математической статистики случайных величин, в теорию и практику исследований стали проникать методы многомерного статистического анализа, теории случайных функций и гармонического анализа, теории множеств, линейной алгебры, распознавания образов и других разделов математики.

При рассмотрении теоретических вопросов методики разведки месторождений и опробования акцент был сделан на изучении изменчивости свойств полезных ископаемых. А. С. Власов, Д. А. Казаковский и др. исследователи предложили использовать первые и вторые последовательные разности значений исследуемых показателей изменчивости по смежным точкам. При обобщении результатов статистической обработки данных П. Л. Каллистов (1956) обратил внимание на то, что любой статистический показатель отражает лишь средний уровень изменчивости изучаемого свойства и не учитывает влияния пространственного расположения точек наблюдений. Им было предложено учитывать случайные и закономерные изменения наблюдаемых признаков. При этом дисперсию случайных отклонений следовало определять не от генеральной средней, а с учетом рассчитанной кривой регрессии, отстраиваемой с использованием процедуры сглаживания совокупности прилегающих к конкретной точке проб. Дальнейшее развитие этот подход при изучении изменчивости свойств залежей получил в работах В. Ф. Мягкова (1984). Он предложил исследовать закономерности распределения компонентов в рудных полях с использованием *геометро-статистической модели*. При отстройке одномерных графиков изменчивости геологических параметров по разным направлениям рудных залежей с использованием интерполяционного полинома удается выявлять уровненное строение геологических полей и на этой основе решать целый ряд практических вопросов разведки: оптимальный шаг опробования; зональность строения залежей, их анизотропию и др.

Начиная с шестидесятых годов XX века, появилось много публикаций по исследованию изменчивости оруденения с использованием *методов теории случайных функций* и *гармонического анализа* (работы А. Б. Каждана, З. Д. Низгурецкого, А. М. Марголина и др.). Изменчивость изучаемых признаков рассматривается как функция расстояния между смежными пунктами наблюдений. При этом необходим учет влияния формы и размера проб, отражающих неоднородность строения недр. В это же время при изучении изменчивости и оценке запасов руд зарубежными геологами (Ж. Матерон, М. Давид, Э. Карлье, Д. Криге и др.) было предложено задействовать *геостатистические модели*. В основе данной модели лежит предположение, что получаемые результаты зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдения результаты измерений меняются, и поэтому их следует рассматривать как случайные величины. Рассчитанный средний квадрат разности измеренных значений при этом зависит от расстояния между пунктами. Важной характеристикой геостатистических моделей служит вариограмма, отражающая функцию среднего квадрата разности от

расстояния между пунктами наблюдений. Для отдельных объектов установлено присутствие нескольких типов вариограмм: с регулярной пространственной переменной, с эффектом самородков, сферической и др. На отстроенных вариограммах возможно определение порогового значения, отражающего зону влияния между соседними пробами.

На современном этапе при обобщении результатов геологоразведочных работ все чаще задействуют геостатистические методы с использованием IT технологий (программы “Micromine”, “Datamine”, “Surpac” и др.).

## ОСНОВЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ О НЕДРАХ

Основным законом, регламентирующим недропользование в РФ, является Федеральный закон «О недрах», принятый в 1992 г. Закон неоднократно дополнялся и редактировался, его последняя редакция принята в 2015 г. (Закон РФ «О недрах»).

Согласно тексту закона недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже поверхности Земли и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубины, доступной для геологического изучения и освоения.

### **Основные положения горного права**

К основным положениям Горного права относятся:

- право собственности на недра как один из элементов природной среды;
- право собственности на извлеченные из недр полезные ископаемые и используемые полезные свойства недр;
- право собственности на имущество и геологическую информацию, создаваемые в процессе пользования недрами.

*Право собственности на недра* в России действующими правовыми актами определяется следующим образом:

- недра находятся в государственной собственности;
- владение, пользование и распоряжение недрами в пределах государственной границы находится в совместном ведении Российской Федерации и ее субъектов (так называемое «правило двух ключей»), а за пределами границы (в морской экономической зоне и на континентальном шельфе) – в исключительном ведении Российской Федерации;
- владение, пользование и распоряжение недрами осуществляется в интересах всех народов, проживающих на соответствующей территории, и всех народов Российской Федерации.

Недра предоставляются в пользование субъектам предпринимательской деятельности для изучения, добычи полезных ископаемых, строительства подземных сооружений, организации особо охраняемых геологических объектов или сбора минералогических коллекций на определенный срок или без ограничения срока.

Участки недр с находящимися в них минеральными ресурсами не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, вклада, залога или отчуждения в иной форме. Права пользования недрами могут отчуждаться или переходить от одного лица к другому в той мере, в какой их оборот допускается федеральными законами.

*Право собственности на минеральное сырье, добытое из недр*, появляется в процессе добычи полезных ископаемых. Добытые из недр полезные ископаемые могут

находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Федерации, муниципальной, частной и иных формах собственности. Вопрос о форме собственности на добытое полезное ископаемое определяется условиями лицензионного соглашения.

*Право собственности на горное имущество и геологическую информацию* определяется принципом: объект является собственностью того, кто оплатил его создание или приобретение. Однако, геологическая информация, являющаяся собственностью пользователя, должна представляться им по установленной форме в федеральный и территориальный фонды геологической информации (ВГФ, ТГФ). Собственник может лишь оговорить условия конфиденциальности пользования этой информацией в фондах, с учетом собственных интересов.

### **Система пользования недрами**

Недра Российской Федерации могут быть использованы недропользователями для следующих целей.

1. Регионального геологического изучения и иных общих геологических работ без нарушения целостности недр.

2. Геологического изучения, включая поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, а также оценки пригодности недр для строительства подземных сооружений.

3. Разведки и добычи полезных ископаемых, в том числе отходов горных предприятий.

4. Строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

5. Образования особо охраняемых геологических объектов.

6. Сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекций. Недра могут предоставляться в пользование одновременно для геологического изучения (поиски, разведка) и добычи полезных ископаемых. В этом случае добыча может производиться как в процессе изучения, так и после его завершения.

Пользование недрами в Российской Федерации, за исключением работ по региональному геологическому изучению и созданию особо охраняемых объектов, является платным.

Недра предоставляются в пользование на определенный срок или без ограничения срока.

Порядок пользования недрами включает три самостоятельных подсистемы:

- предоставление участков недр в пользование;
- пользование недрами в соответствии с установленным видом пользования;
- контроль и надзор за соблюдением установленных требований и ограничений при пользовании недрами.

*Предоставление недр в пользование* осуществляется на основе лицензирования. Государство, осуществляющее суверенное право на недра, определяет программу освоения недр, участки недр, которые предполагаются предоставить в пользование, и выбор конкретного недропользователя.

Государство определяет условия, на которых предполагается передача недр в пользование. Недропользователь может вести переговоры об изменении этих условий. При достижении согласования, недропользователю оформляется лицензия на право

пользования недрами. Лицензия предоставляется совместно органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации и Федеральным органом управления фондом недр.

Работы по *региональному геологическому изучению недр*, выполняемые за счет средств госбюджета, осуществляются без оформления лицензий, но с обязательной регистрацией в территориальных геологических организациях Министерства природных ресурсов. Лицензия на *поиски и оценку* месторождений полезных ископаемых удостоверяет право проведения таких работ только на вид сырья, указанный в лицензии. Лицензия на *добычу* полезного ископаемого может выдаваться на всё месторождение или его часть. Допускается также одновременное предоставление одному пользователю нескольких лицензий на право добычи по группе близко расположенных месторождений, если экономически рентабельной является только совместная их разработка. Лицензия на *разведку* месторождения отдельно не предоставляется и право разведки предусматривается в лицензии на добычу.

Законодательством устанавливается два статуса участков недр, на которые выдается лицензия: геологический отвод и горный отвод. Статус *геологического отвода* предоставляется участкам, предоставляемым для геологического изучения недр без существенного нарушения их целостности. В пределах одного геологического отвода могут быть выданы несколько лицензий на разные виды деятельности, включая, например, поиски и оценку разных полезных ископаемых. В границах геологического отвода могут одновременно проводить работы несколько пользователей недр.

В пределах одного *горного отвода* может быть выдана только одна лицензия одному пользователю, получающему по ней исключительное право деятельности в этих пределах в соответствии с лицензией.

Предоставление недр в пользование осуществляется по результатам конкурсов или аукционов, либо в специальных случаях на основе согласованных решений федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Федерации на бесконкурсной основе. Определение порядка проведения и условий конкурсов и аукционов по каждому объекту или группе объектов осуществляется органами, предоставляющими лицензии. Наименования объектов, выставляемых на конкурсы или аукционы, и их условия публикуются в печати.

Предприниматель, желающий принять участие в конкурсе, подает по установленной форме соответствующую заявку. После официального принятия заявки и уплаты соответствующих взносов заявитель может получить пакет геологической и технико-экономической информации по интересующему его участку недр. Проанализировав эту информацию, заявитель прежде всего решает для себя вопрос о продолжении участия в конкурсе (аукционе) и, при положительном решении, представляет приемлемый для него вариант технико-экономических показателей (ТЭП) ведения работ по намечаемому виду пользования недрами. Указанные ТЭП представляют собой комплекс материалов, обосновывающих принципиальные решения и ожидаемые технико-экономические показатели по всем вопросам. После приобретения лицензии ее владелец имеет право получения в фондах полного объема геологической информации по

предоставленному ему согласно лицензии участку недр (геологическому или горному отводу).

Условия **пользования недрами** определяются соглашением собственника недр (государства) в лице его уполномоченных органов и недропользователя. В практике недропользования известны три типа договорных отношений:

- недропользователь вносит плану за пользование недрами и уплачивает другие установленные налоги, но полностью распоряжается всей произведенной продукцией;
- недропользователь и собственник недр заключают соглашение о разделе производимой продукции;
- недропользователь заключает с собственником контракт на предоставление определенных услуг (субподрядные работы).

В первом случае недропользователь осуществляет все работы по реализации предоставленных лицензией прав за счет собственных средств, принимая на себя все риски. Добытая продукция полностью принадлежит ему, хотя условиями договора может определяться реализация части продукции на внутреннем рынке. Недропользователь вносит все установленные платежи, налоги, связанные с его деятельностью. Все сооружения и оборудование, используемые при работах, являются его собственностью.

Во втором случае недропользователь также несет все расходы и принимает на себя риски, связанные с ведением работ, а произведенная продукция делится между ним и собственником (государством) в виде трех частей: компенсационной продукции, предназначенной для возмещения затрат недропользователю, и двух долей прибыльной продукции, разделенных между государством и недропользователем в установленном соотношении. Реализация своих долей продукции осуществляется недропользователем и собственником самостоятельно. Сооружения и оборудование, связанные с недропользованием, переходят в собственность государства либо с момента их создания или приобретения, либо по мере амортизации. Привлекательной стороной соглашения о разделе продукции является иммунитет от новых изменений налогового законодательства, которые не должны ухудшать экономическое положение инвестора, имевшееся на момент составления соглашения.

В третьем случае, недропользователь, также неся все затраты, связанные с проведением работ, либо получает возможность их возмещения при коммерческом результате (например, открытии месторождения при поисках), либо получает заранее оговоренное вознаграждение (оплату) за произведенные работы, но не приобретает никаких прав на добытую продукцию, если таковая будет получена в течение срока действия лицензии или после его истечения.

**Контроль и надзор за использованием недрами** осуществляют органы государственного геологического контроля и Федерального горного и промышленного надзора России, а также другие контрольные органы, в соответствии с компетенцией (природоохранные органы, налоговая инспекция, таможенная служба и т. д.) и органы государственной власти.

*Государственный геологический контроль* включает контроль за геологическим изучением недр и их рациональным использованием и охраной. Органы госконтроля

входят в структуру Министерства природных ресурсов и его территориальных подразделений.

*Федеральный горный и промышленный надзор России* (Госгортехнадзор) выполняет в качестве основной контрольной функции надзор за безопасным ведением работ, включая вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации горных предприятий.

*Государственная экспертиза запасов* полезных ископаемых производится для создания условий комплексного использования недр, определения платы за использование недр и уточнения границ горного отвода. Государственная экспертиза может проводиться на любой стадии геологического изучения недр, но предоставление участков недр для целей добычи разрешается только после их госэкспертизы.

### **Система платежей при пользовании недрами**

Плата за пользование недрами включает разовые и регулярные платежи.

Минимальные (стартовые) разовые платежи за пользование недрами устанавливаются в размере не менее 10 % от величины суммы налога на добычу полезных ископаемых в расчете на среднегодовую проектную мощность добывающей организации. Размеры регулярных платежей определяются в зависимости от экономико-географических условий, размера участка недр, вида полезного ископаемого, продолжительности работ, степени геологической изученности и степени риска. Регулярный платеж взимается за площадь лицензионного участка, предоставленного недропользователю. Ставка регулярного платежа за 1 кв. км участка недр при поисковых и оценочных работах составляет от 27-90 рублей для неметаллических полезных ископаемых до 120-360 рублей для углеводородного сырья; при разведочных работах ставка меняется от 800-1650 рублей для подземных вод до 5000-20000 рублей для углеводородного сырья.

Регулярные платежи не взимаются с недропользователей, осуществляющих:

- пользование недрами для регионального геологического изучения;
- пользование недрами для образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение;
- пользование недрами для сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов;
- разведку полезных ископаемых на месторождениях, введенных в промышленную эксплуатацию, в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этих полезных ископаемых.

Кроме разовых и регулярных платежей, законодательством предусмотрены две группы налогов и отчислений. Первая группа учитывается в себестоимости товарной продукции, вторая относится на финансовый результат.

В себестоимость включается налог на добычу полезных ископаемых, дорожный налог, плата за воду, землю, загрязнение окружающей среды и др. Налог на добычу составляет основную часть налоговой суммы первой группы. Ставка налога меняется от 3,8 % для калийных солей до 16,5 % для углеводородного сырья. Налогоплательщики, осуществившие за счет собственных средств поиски и разведку разрабатываемых месторождений или полностью возместившие все расходы на поиски и разведку,

уплачивают налог на добычу с коэффициентом 0,7. При выполнении соглашений о разделе продукции налоговые ставки на добычу применяются с коэффициентом 0,5. Не облагаются налогом полезные ископаемые, остающиеся во вскрышных, вмещающих (разубоживающих) породах, в отвалах или отходах перерабатывающих производств. Дорожный налог взимается в размере 2,5 % от годовой стоимости товарной продукции.

На финансовый результат горного предприятия относят налог на прибыль, налог на имущество, целевые сборы на содержание милиции и благоустройство территории. Налог на прибыль составляет 24 % от годовой прибыли предприятия, налог на имущество – 2 % от его среднегодовой стоимости. Остальные платежи определяются прямыми расчетами.

Горные предприятия также облагаются косвенными налогами, вычисляемыми сверх цены предприятия – налогом на добавленную стоимость (НДС), создаваемую в процессе производства товарной продукции, и таможенными пошлинами, взимаемыми с товарной продукции, вывозимой за пределы Российской Федерации.

### **Контрольные вопросы к теме 1**

1. Что является целью разведки? Какие задачи решает разведка?
2. С какими областями знаний и смежных дисциплин разведка связана?
3. С какими именами известных и выдающихся российских ученых следует связывать становление учения о разведке месторождений?
4. Кто из российских и зарубежных ученых внес значимый вклад в разработку проблем количественной обработки геологической информации (геолого-математического моделирования)?
5. В чем заключаются основные положения законодательства РФ о недрах?
6. В каких целях могут быть использованы недра в РФ?
7. Как осуществляется предоставление недр в пользование?
8. Что такое горный и геологический отводы? Чем они различаются?
9. Какие типы договорных отношений установлены между государством и недропользователем?
10. Как осуществляется контроль за использованием недрами?
11. Какая система платежей установлена за недропользование?



## Тема 2 Геологические основы разведки

### ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННУЮ ЗНАЧИМОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Минеральные скопления в земной коре приобретают статус месторождения по результатам их разведки и при условии обоснования экономической целесообразности промышленного освоения. Основным критерием для промышленного освоения месторождения является размер прибыли, которую предприниматель собирается получить за весь период его эксплуатации.

На экономику промышленного освоения месторождения оказывает влияние совокупность факторов: количество запасов в месторождении (их масштаб), качество минерального сырья, технологические свойства, горно-геологические условия эксплуатации, географо-экономические условия района нахождения месторождения, экологические условия эксплуатации и др. (Каждан, 1977, 1984; Ясковский, 2001, 2010; Шевелев, 2004; Поротов, 2004).

*Количество запасов в месторождении* определяется величиной запасов, оцененных по результатам геологоразведочных работ. Достоверность подсчитанных запасов зависит от степени их изученности (разведанности).

Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в единицах массы (тонн); сыпучих полезных ископаемых (песков, гравия), строительного и облицовочного камня – в единицах объема (кубические метры). Запасы золота измеряются в килограммах, тоннах, а в некоторых зарубежных странах используют тройную унцию (31,103 грамма). Запасы алмазов и драгоценных камней измеряют в каратах (0,200 грамма).

Запасы полезного ископаемого, ценность которого определяется содержанием химического элемента (оксида) или минерала (алмаз, слюда, асбест и др.), оцениваются с определением количества руды и количества металла (минерала). В России запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в недрах, а запасы нефти и газа оцениваются как извлекаемые, так и в недрах.

По величине запасов различают месторождения *уникальные* (их в мире единицы), *крупные* (их десятки), *средние* (их сотни) и *мелкие* (их тысячи). На базе уникальных месторождений создаются ведущие горнодобывающие предприятия. Они во многом определяют состояние минерально-сырьевой базы и сырьевого рынка страны, мира. Крупные месторождения определяют экономику отрасли или крупного региона страны. Средние месторождения имеют значение в пределах отдельных экономических районов, а мелкие – в отдельных случаях. Для каждого вида полезного ископаемого наблюдаются значительные (в десятки раз) изменения запасов при переходе от мелких месторождений к крупным и очень крупным, что обусловлено разнообразием геологических условий образования руд (табл....).

Следует отметить, что отраженные в таблице размеры запасов не являются общепризнанными. В литературных источниках приведены и другие цифры градации запасов, определяющие масштаб оцениваемых объектов. В. И. Краснико (1965) подметил закономерность, получившую в литературе название «декадной». В 7 % месторождений

сосредоточено ~ 65 % запасов, а запасы мелких, средних, крупных и уникальных месторождений отличаются друг от друга примерно на порядок. Мелкие месторождения встречаются часто, а очень крупные редко. Основные запасы сосредоточены в крупных и очень крупных месторождениях. Обобщение данных по России за 1994-1997 гг. свидетельствует, что среди девятнадцати видов полезных ископаемых общее количество мелких объектов составило 723, средних – 184, крупных – 107, очень крупных – 30 (Ясковский, 2001). Распределение суммарных запасов для коренных месторождений страны: на долю мелких объектов приходится 14 %, средних – 30 % и крупных 56 %.

От масштаба месторождений зависят ожидаемые показатели экономической эффективности вовлекаемых в эксплуатацию объектов. С учетом величины запасов можно определить ценность месторождения (потенциальную в недрах или товарную на сырьевом рынке). Полученные значения следует учитывать при определении инвестиционной привлекательности объектов. Другой расчетный экономический показатель – необходимый объем капитальных вложений. Чем больше запасы, тем больше затраты на строительство горнодобывающего предприятия. При этом появляется возможность определить производительность будущего рудника, срок его существования и ориентировочно подсчитать приведенные затраты на освоение месторождения.

*Качество минерального сырья* – это совокупность природных свойств, определяемых минеральным и химическим составом, структурными и текстурными особенностями сырья, технологическими и физическими свойствами. Высокое качество полезного ископаемого влияет на эффективность переработки руд, способствует улучшению готовой продукции. В геологоразведке и горной промышленности давно используются понятия – «богатые», «бедные», и «убогие» руды. С позиций оценки качества все твердые полезные ископаемые могут быть разделены на *три группы*. Ценность в них может представлять: химический элемент (или химическое соединение, чаще оксид); минерал, обладающий особыми свойствами; вся добываемая горная масса (Шевелев, 2004).

К *первой группе* относятся все руды металлов и горно-химическое сырье (фосфориты, бор, сера). Основным показателем качества сырья является содержание ценного компонента. Содержание оценивается в массовых процентах элемента (Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, S, V, As) или оксидов ( $Cr_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $WO_3$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $BeO$ ,  $Be_2O_3$ ,  $P_2O_5$ ).

В месторождениях комплексных руд (свинцово-цинковых, медно-молибденовых, медно-никелевых и др.) качество определяется с помощью условного содержания главного компонента. В расчетных формулах учитывается: содержание главного компонента, формирующего основную ценность руд; содержание второстепенных компонентов; переводные коэффициенты для перерасчета содержаний второстепенных компонентов в главный компонент.

Содержание в рудах благородных металлов (золота, серебра, платиноидов) из-за низких их концентраций выражается в граммах на тонну руды; в россыпных месторождениях – в г (мг) /м<sup>3</sup>. Чем большее значение элемента в рудах, тем выше качество полезного ископаемого.

В зависимости от содержания основного ценного компонента руды подразделяются на богатые, рядовые и бедные. Для разных полезных ископаемых конкретные сорта руд отличаются друг от друга (табл. ).

При исследовании уровня концентраций полезных компонентов в объеме рудных тел может быть задействован *коэффициент богатства* – отношение среднего содержания к минимально промышленному (Бирюков, Денисов, 1978). Богатыми считаются руды, в которых содержание полезного компонента в 1,5-3,5 раза выше, чем минимальное промышленное; к бедным – менее 1,1-1,2. Какое значение при разведке имеет оконтуривание богатых руд? Во-первых, богатые и очень богатые руды используются при получении концентратов или в металлургии без предварительного обогащения. Во-вторых, высокое качество руд нередко отмечается в локальных участках месторождения. Эти участки называют рудными столбами, кустами, гнездами, карманами, бонанцами (для месторождений золота и серебра). На стадии разведки локальные участки должны быть оконтурены, а подсчет запасов выполнен без ограничения выявленных «ураганных проб».

Ко *второй группе* относятся алмазы, пьезооптическое сырье, слюда, тальк, асбест и др. Качество сырья регламентируется уровнем содержания ценного минерала, размерностью и особенностями кристаллосырья: для асбеста – прочность, гибкость, длина волокна, кислоторастворимость; для слюд – размер пластинок, их ровность, термостойкость; для пьезооптического сырья – масса кристалла, размер бездефектной области моноблока, выход моноблока, степень проявленности дефектов (газово-жидкие включения, трещины, двойники и др.); для алмаза – масса, форма, характер поверхности, цвет, дефектность, наличие сростков (Ясковский, 2001).

К *третьей группе* относятся стройматериалы, твердое топливо, керамическое сырье, огнеупоры, тальк, пирофиллит, минеральные пигменты, цеолиты, бокситы и хромиты. Качество сырья оценивается соответствием его определенных свойств требованиям технических условий (ТУ), отраслевых стандартов (ОСТ), государственных стандартов (ГОСТ) и соглашений с потребителями (Шевелев, 2004). Иногда требуется подразделение сырья на ряд сортов и марок. С учетом целевого использования оцениваемое полезное ископаемое должно удовлетворять конкретным сортовым требованиям.

Итак, количество и качество минерального сырья являются важнейшими факторами оценки разведываемых объектов. Они являются определяющими показателями при геолого-экономической оценке месторождений.

*Технологические свойства сырья* определяют возможность и экономическую целесообразность переработки минерального сырья с целью получения товарного продукта. Основными показателями, определяющими технологические свойства руд, являются: величина извлечения полезного компонента, содержание полезного компонента в концентрате, выход концентрата.

Технологические свойства минерального сырья зависят от совокупности качественных показателей, из которых кроме содержания полезных ископаемых и вредных примесей первостепенное значение имеют (Каждан, 1977; Шевелев, 2004):

- минеральный состав полезного ископаемого и разубоживающей руды горной массы; распределение полезных компонентов и вредных примесей по отдельным минералам;

- форма и размеры полезных минералов, характер их сростаний, текстуры и структуры минеральных агрегатов;
- физические свойства минерального сырья и слагающих его полезных минералов, их твердость, хрупкость, удельная плотность;
- химический и минеральный состав вмещающих пород и жильной массы.

Технологические исследования, проводимые в процессе разведки, должны установить возможность извлечения ценных компонентов из руд и обеспечить выбор схемы передела руд, которая может быть использована в промышленных условиях с приемлемыми технико-экономическими показателями. Наличие в сырье попутных компонентов повышает экономическую значимость сырья. Однако ценность попутного компонента всегда следует соотносить с дополнительными расходами на его выделение и учитывать возможность реализации дополнительной продукции.

Рассмотрим примеры, раскрывающие технологические свойства руд и их влияние на переработку минерального сырья (Ясковский, 2001).

*Минеральный состав руд* определяется присутствием полезных и породообразующих минералов, их количественными соотношениями, формами нахождения, характером парагенетических ассоциаций. Проблемы возникают, когда для выделения основных минералов приходится использовать разные обогатительные процессы. Например: для руд олова основными минералами являются касситерит, станнин, варламовит, гидростаннаты. Эффективно по гравитационной схеме обогащаются касситеритовые руды (плотность 7,0 г/см<sup>3</sup>). Другие типы руд с минералами олова (плотность 3,8-4,7 г/см<sup>3</sup>) относятся к группе труднообогатимых. Они требуют кроме гравитационного обогащения и других методов: флотации, магнитного и электрического обогащения, пирометаллургии.

Минеральный состав оказывает большое влияние на эффективность флотационного процесса. Хорошо обогащаются сульфиды Pb, Zn, Cu, Mo и плохо – их окисленные формы. Для молибденовых руд основным гипогенным минералом является молибденит – MoS<sub>2</sub>, обладающий природными гидрофобными свойствами; но окисленные руды, представленные повеллитом – CaMoO<sub>4</sub>, ферримолибдитом – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3MoO<sub>3</sub>·8H<sub>2</sub>O и др., обогащаются с трудом. При этом получают концентраты невысокого качества из-за легкой шламуемости гипергенных молибденовых минералов в процессе измельчения руды, близости флотационных свойств молибденовых и породообразующих минералов.

*Химический состав руд* определяется наличием полезных, вредных, петрогенных элементов (оксидов), их содержанием и соотношением, присутствием особенно химически активных форм. Для ряда месторождений схемы и показатели обогащения определяются содержанием элементов и их соотношением. Например, при переработке бокситовых руд для получения глинозема важнейшим является гидрохимический метод Байера. Его использование эффективно для высококачественных руд с кремниевым модулем  $M_{Si} = Al_2O_3 / SiO_2$  более 5-7. При низком значении  $M_{Si}$  (высоком содержании SiO<sub>2</sub>) руды перерабатываются по более дорогостоящей технологии методом спекания.

При добыче урана методом подземного выщелачивания используют в качестве растворителя кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Чем больше карбонатность среды, тем значительней расход кислоты, сильнее проявляется явление кальматации, тем меньше извлечение урана

в продуктивные растворы. Поэтому при существенной карбонатности пород (более 2,0-2,5 % CO<sub>2</sub>) извлечение урана с помощью кислоты неэффективно. Нужно переходить на другие схемы.

При характеристике технологических свойств минерального сырья необходим учет *текстурных особенностей руд*. Эти особенности обусловлены размером, формой и характером сростаний минеральных агрегатов. По признаку влияния текстур на процессы переработки минерального сырья их можно подразделить на благоприятные и неблагоприятные. *Благоприятные текстуры* характеризуются крупными размерами скоплений, однородным строением, простыми границами между агрегатами. Для таких руд наиболее эффективны процессы рудоподготовки. Обогащение не вызывает больших затруднений и позволяет получать высококачественные концентраты. *Неблагоприятные для обогащения текстуры* имеют небольшие размеры минеральных скоплений, неоднородное строение агрегатов, сложные и постепенно изменяющиеся границы между ними. Подобные руды требуют сложных, многостадийных процессов рудоподготовки и обогащения.

При изучении технологических свойств полезного ископаемого возможно выделение природных и технологических типов руд. В результате специальных исследований анализируется пространственное распределение этих типов, их геометризация в рамках *геолого-технологического картирования*.

*Горно-геологические условия эксплуатации* определяют возможность и экономическую целесообразность отработки месторождения с учетом современного состояния горной техники. Каждый выбранный способ разработки месторождения предъявляет свои требования к условиям залегания полезного ископаемого, крепости и устойчивости пород и руд, гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям месторождения.

Среди *способов разработки* месторождений выделяют геотехнологии (Ясковский, 2001): физико-техническая открытая, физико-техническая подземная, физико-химическая скважинная, комбинированная. В процессе эксплуатационных работ из-за неоднородности горно-геологической среды (извилистость границ рудного поля, прерывистости внутреннего строения, изменчивости свойств вмещающих пород) возникают эффекты разубоживания и потерь.

*Разубоживание* связано с примешиванием пустых пород к извлекаемой рудной массе. В результате засорения среднее содержание в добываемой рудной массе становится ниже, чем содержание в балансовых запасах. Отмеченный процесс характеризуется коэффициентом разубоживания:  $P = (C_n - C_d) / C_n \cdot 100 \%$ , где  $C_n$  – содержание полезного компонента в балансовых рудах,  $C_d$  – содержание в добытой рудной массе.

*Потери* возникают в процессе разработки месторождения потому, что извлечь полезное ископаемое удастся не полностью. Часть запасов остается за контуром отработки. Величина потерь оценивается коэффициентом разубоживания:  $\Pi = (Z_t - Z_d) / 100 \%$ , где  $Z_t$  – запасы теряемые,  $Z_d$  – запасы добытые.

Каждый способ разработки имеет достоинства и недостатки. По данным П. П. Ясковского к ним относятся:

- открытая геотехнология – высокая производительность, но небольшие глубины отработки и существенный экономический ущерб;
- подземная геотехнология – отработка на больших глубинах, но значительные потери полезного ископаемого в недрах и тяжелые условия труда;
- скважинная геотехнология – возможность извлечения полезных компонентов в сложных горно-геологических условиях, но необходимы особые предпосылки для создания подвижных флюидов.

Достоинства и недостатки разных способов разработки тесно связаны с определенными горнотехническими условиями. К ним относятся:

а) *Глубина залегания* – один из важнейших горнотехнических показателей, определяющих способ добычи.

При малой глубине залегания применяется открытый способ добычи. Он позволяет развить большую производительность, обеспечить высокую эффективность, низкую себестоимость и более безопасные условия ведения горных работ. Экономическая эффективность добычи определяется коэффициентом вскрыши – отношением объемов (или масс) вскрыши и полезного ископаемого. Предельный коэффициент вскрыши и, соответственно, предельная глубина открытой разработки находится технико-экономическими расчетами. Максимально допустимый коэффициент вскрыши зависит от ценности полезного ископаемого и ориентировочно составляет: для строительных материалов  $3 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , для углей  $6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , для черных металлов  $10 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , для цветных металлов до  $40 \text{ м}^3/\text{м}^3$ . Глубина карьеров открытой добычи не превышает 500 м, но есть проекты глубиной до 700-800 м.

При глубоком залегании полезного ископаемого применяется подземный (шахтный) способ добычи. Он менее производительный и более дорогой по сравнению с открытым способом. Глубина работ колеблется от десятков метров до первых километров. К глубоким относятся шахты, обрабатывающие рудные тела на отметках от 600 (700) до 1000 (1200) м, к весьма глубоким – с глубиной от 1000 (1200) до 2500 м. С глубины 2500 м начинаются сверхглубокие шахты. Они достигнуты при эксплуатации золоторудных месторождений: Морроу-Велью (Бразилия, более 2500 м), Колар (Индия, более 3300 м), Витватерсранд (ЮАР, около 4000 м).

При проходке подземных горных выработок с глубиной увеличивается горное давление (в среднем 2,5 МПа на 100 м) и температура (в среднем  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  на 100 м). При подземной геотехнологии горное давление может проявляться в виде сдвижения, пучения, стреляния пород вплоть до горных ударов. С целью предотвращения горных ударов применяются специальные технологии выемки массива горных пород.

*Условия залегания* во многом определяют систему разработки месторождений (в первую очередь, подземной). По значению угла падения различают залегания горизонтальные и весьма пологие ( $0-5^\circ$ ), пологие ( $5-25^\circ$ ), наклонные ( $25-45^\circ$ ), весьма крутые ( $60-90^\circ$ ). Имеет значение и выдержанность угла падения в пределах блоков добычи руды. Если угол падения устойчивый, то независимо от его значения ( $0-90^\circ$ ) залежь считается выдержанной.

Высокая степень тектонической нарушенности усложняет ведение горных работ. Наибольшие неприятности доставляют малоамплитудные разрывные нарушения, которые

не удастся надежно выявлять в процессе разведки. Они приводят к повышению потерь и разубоживания руды при добыче, служат причиной неустойчивости и обрушения кровли, прорывов воды и т. д.

Более надежно при разведке выявляются крупные разрывные нарушения с амплитудой в десятки-сотни метров. Они служат естественными границами шахтных полей, участков, блоков добычи.

*Мощность залежей* является параметром, определяющим технологию добычи. В горном деле выделяются пять классов залежей: 1) тонкие 1,0-1,5 м; 2) средние от 1,0-1,5 до 3-4 м; 3) мощные от 3-4 до 8-10 м; 4) весьма мощные 10-50 м; 5) сверхмощные более 50 м. При изменении класса мощности возможно изменение системы разработки. Поэтому при разведке необходимо выделение геологически однородных блоков (ГОБов), которые заслуживают применения единой технологии добычи. ГОБы при этом приобретают статус технологически однородных блоков (ТОБов).

Кондиционным требованием, предъявляемым к залежам полезных ископаемых, является минимальная промышленная мощность. Она представляет собой минимальную мощность тела полезного ископаемого, при которой его разработка экономически выгодна. Выше этого значения мощность считается рабочей (или кондиционной), ниже – нерабочей (некондиционной). Так как мощность залежей меняется в пространстве, то внутри них могут появляться некондиционные участки или блоки, создавая прерывистость оруденения.

*Инженерно-геологические и гидрогеологические условия* играют существенную роль при проектировании и ведении горных работ (Поротов, 2004).

Физические свойства (скальные или слабосвязанные грунты), трещиноватость, расслоенность, наличие зон дробления, проявленная анизотропия свойств определяют устойчивость горных пород и руд при добыче сырья, а также размеры эксплуатационных блоков, значение углов откоса бортов карьера и т. д.

Обводненность месторождения определяется насыщенностью горных пород и руд подземными водами и зависит от совокупности факторов. К гидрогеологическим факторам относятся: количество водоносных горизонтов, условия их питания, фильтрационные свойства пород, оценка возможного водопритока в эксплуатационные выработки, состав и агрессивность подземных вод.

Инженерно-геологические факторы включают: проницаемость, набухаемость, размокаемость, коэффициент размягчения и др.

На месторождениях, где развиты карстовые процессы, существенную роль играют глубина и интенсивность развития карста. Выявляются зоны обводнения и поглощения воды, рассматривается возможность обрушения горных пород в зоны карста.

По результатам выполненных исследований должен быть сделан прогноз *экологических последствий* ведения горных работ, решен вопрос о необходимости и объеме природоохранных мероприятий.

Необходимо учитывать, что при ведении горных работ значительную площадь занимают отвалы или отходы горного предприятия. При необходимости следует предусматривать комплекс работ по укреплению отвалов, их рекультивации, очистке рудничных вод от вредных примесей и создании водохранилищ для их накопления.

Должны быть оценены последствия осушения окружающей территории вследствие понижения уровня подземных вод.

## ФОРМЫ РУДНЫХ ТЕЛ

Форма рудных тел является одним из ведущих факторов, определяющих методику проектируемых разведочных работ.

По своей сути, форма рудных тел определяется соотношением трех параметров: длины по простиранию, длины по падению и мощности.

Обозначим длину по простиранию  $D_{пр}$ , длину по падению  $D_{пад}$ , мощность  $M$ . Тогда формы рудных тел при всем своем многообразии могут быть сведены к трем основным группам (рис. 6).

1. *Изометричные*,  $D_{пр} \approx D_{пад} \approx M$ . В эту группу относятся штоки и гнезда.

*Штоки* – рудные тела средних и мелких размеров, по форме близкие к цилиндру: изометричные или эллипсоидные в плане и столбообразные в разрезе.

*Гнезда* – небольшие изометричные тела, характерные для камнесамоцветного сырья, редких и благородных металлов.

2. *Плоские*,  $D_{пр} \approx D_{пад} \gg M$ . К плоским, или плитообразным телам относятся, в первую очередь, пласты и жилы.

*Пласты* – это согласные плитообразные тела. Залегают согласно, то есть параллельно вмещающим породам. Пласт соответствует осадочному слою. Выделяются также *пластообразные залежи*, которые отличаются от пластов меньшими размерами, а также меньшей выдержанностью.

*Жилы* – секущие плитообразные тела. Их границы пересекают контакты вмещающих пород. Жилы, как и магматические дайки, – тела выполнения трещин. Жилы могут быть простыми, а также сложными, ветвящимися и т. п.

3. *Линейные*,  $D_{пр} \gg D_{пад} \approx M$  или  $D_{пад} \gg D_{пр} \approx M$ . Эта группа объединяет рудные тела, вытянутые в одном направлении. Если преобладающим размером является длина по простиранию, образуются *рудные ленты*, типичные для речных (аллювиальных) россыпей. Если наибольший размер отвечает длине по падению, то рудные тела имеют столбообразную или трубообразную форму. *Рудные столбы и трубы* приурочены обычно к пересечениям разломов или к вулканическим жерлам.

Широким распространением для обозначения формы рудных тел пользуются в геологии термины «штокверк» и «линза».

*Штокверк* представляет собой минерализованный объем горных пород. Обычно это массивы магматических пород или их части, насыщенные многочисленными разноориентированными прожилками и вкрапленностью рудных минералов. Такие рудные тела не имеют естественных природных границ и оконтуриваются по данным опробования. Обычно штокверки имеют форму, близкую к изометричной. Однако нередко минерализованные зоны штокверкового типа, приуроченные к разрывным нарушениям (*линейный штокверк*; тогда их форма будет плоской или линейной).

Термин «линза» также не имеет однозначного морфологического содержания. Короткую и толстую линзу можно отождествить с гнездом. Плоские линзы соответствуют плоским рудным телам: согласным, если линза расположена параллельно контактам



вмещающих пород, и секущим, если линза залегает косо. Наконец, линзы могут вытягиваться в одном направлении, образуя линейные рудные тела.

Кроме того, нередко встречаются рудные тела сложной, или комбинированной формы. Обычно они представляют собой сочетания или комбинации тел, принадлежащих к разным группам. Наиболее распространены крестообразные, грибообразные, седловидные и пр.

## ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВЕДКИ

Установление принадлежности изучаемого месторождения к конкретному промышленному типу способствует выбору системы его разведки. Уже на стадии оценочных работ эта задача должна решаться. В то же время месторождения одного и того же промышленного типа нередко характеризуются разными размерами, формой рудных тел, разной сложностью внутреннего строения (минеральным составом, текстурно-структурными особенностями, типами и сортами руд, содержанием полезных и вредных компонентов). Для обоснования системы разведки, технических средств и методических приемов большое значение приобретает *группировка месторождений* по сложности геологического строения для целей разведки, учитывающая накопленный опыт их разведки и разработки (Комплексная ..., 1990).

Впервые на необходимость группировки месторождений полезных ископаемых по сложности строения в зависимости от вычисленных значений коэффициентов вариации мощности и содержания полезных компонентов указано в работах В. М. Крейтера, Д. А. Зенкова, Н. В. Барышева, В. И. Красникова и др. В обобщенном виде группировка была предложена В. М. Крейтером в 1940 г. Все месторождения, исходя из учета формы и размеров рудных тел, разделены на пять групп (Крейтер, 1961): 1) пластовые и пластообразные тела, занимающие стратиграфический горизонт (или к нему приуроченные), и россыпи; 2) очень крупные залежи, неправильные тела и минерализованные массивы штокверкового и гнездового распределения, залегающие в разных крепких породах; 3) жило- и линзообразные тела в разных породах; 4) трубчатые и ветвящиеся залежи небольшого масштаба; 5) мелкие гнезда, штокверки, линзы, карманы и трубки в разных породах.

Разработанные В. М. Крейтером принципы группировки месторождений по факторам, определяющим методику их разведки, были положены в основу большинства последующих группировок и учитывались во всех поколениях инструкций ГКЗ СССР по применению классификации запасов. Они нашли отражение и в последнем опубликованном варианте группировок месторождений различных полезных ископаемых для целей разведки (Методические рекомендации..., 2007).

Многими авторами отмечалось, что принятые группировки базируются на качественных признаках, исходя из опыта разведки и разработки объектов. Например, геологическое строение простое, сложное, очень сложное; распределение полезных компонентов равномерное, неравномерное, крайне неравномерное. Поэтому установление группы сложности месторождения, основанное только на качественных критериях, во многих случаях оказывается спорным.

Группировку месторождений (или отдельных тел) полезных ископаемых по сложности геологического строения, основывающуюся на исследовании изменчивости их основных свойств, предложили В. И. Бирюков и М. Н. Денисов (1985). При этом рекомендуется использовать количественные показатели (табл. ). Подобный подход отражен в последних вариантах группировки месторождений, предлагаемых ГКЗ в подготовленных Методических рекомендациях (2007). Так, при группировке месторождений железных руд рекомендуется использовать количественные характеристики основных свойств оруденения (табл. ). Однако следует отметить, что значения таблиц характеризуют наибольшую степень разведанности месторождения или их частей перед началом эксплуатации. С уменьшением детальности изучения числовые значения признаков могут изменяться:  $q$  уменьшается с уменьшением числа наблюдений на прерывистых объектах;  $K_p$  и  $V$  меняются непредсказуемо: то в сторону увеличения, то в сторону уменьшения. В этом проявляется слабость классификационных числовых признаков. Совершенствование подобных группировок должно основываться на учете особенностей отдельных видов минерального сырья; внедрении геофизических методов исследований, учитывающих контрастность физических свойств рудных тел и вмещающих пород (Шевелев, 2004). Помимо этого, разрабатываемые группировки месторождений должны способствовать рациональному проведению всего геологоразведочного процесса – от проектирования работ до их завершения. Первый тип группировок – морфологический, его следует использовать при проектировании и производстве ранних стадий разведочного процесса. Второй тип, содержащийся в Методических рекомендациях ГКЗ, позволяет относить объект к определенной группе и определять необходимое соотношение разных категорий подсчитываемых запасов с учетом критерия предпринимательского риска.

На практике используется группировка месторождений по сложности геологического строения, предусмотренная Классификацией запасов...(2007). Согласно этому документу необходимая и достаточная степень разведанности запасов твердых полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождений. По данному признаку месторождения подразделяются на следующие группы.

*1-я группа.* Месторождения (участки недр) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабо нарушенным залеганием. Характеризуются устойчивой мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий  $A$ ,  $B$ ,  $C_1$  и  $C_2$ . Примеры месторождений: Джекказганское и Коунрадское меднорудные; Талнахское медно-никелевое; Никопольское и Чиатурское марганцевых руд; Лисаковское и Аятское железорудные и др.

*2-я группа.* Месторождения (участки недр) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко 2-ой группе также относятся месторождения углей, ископаемых солей и других полезных

ископаемых простого геологического строения, но со сложными горно-геологическими условиями разработки. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий *B*, *C*<sub>1</sub> и *C*<sub>2</sub>. Примеры месторождений: Гайское, Сибайское, Учалинское меднорудные; Кальинское и Черемуховское бокситов; Гусевогорское и Качканарское титано-магнетитовых руд и др.

*3-я группа.* Месторождения (участки недр) очень сложного строения со средними и мелкими по размерам телами полезного ископаемого с интенсивно нарушенным залеганием, изменчивыми мощностью и внутренним строением, невыдержанным качеством и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются по категориям *C*<sub>1</sub> и *C*<sub>2</sub>. Примеры месторождений: Красногвардейское, Октябрьское, Тарньерское медных руд; Мугайское, Аятское бокситов; Садовское, Рубцовское свинцово-цинковых руд; Удерейское сурьмяное; большинство золоторудных месторождений.

*4-я группа.* Месторождения (участки недр) с мелкими, средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием и резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого, прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются преимущественно по категории *C*<sub>2</sub>. Примеры: месторождения пьезооптического кварца, оптического кальцита; камнесамоцветного сырья; Ховуаксинское кобальтовое; Актайское ртутное; Шахтаминское молибденовых руд, Чорух-Дайронское вольфрамовых руд и др.

Согласно утвержденной Классификации (2007) регламентированное соотношение запасов разных категорий на разведанных месторождениях полезных ископаемых в настоящее время не требуется: это соотношение определяет владелец лицензий самостоятельно с учетом планируемого предпринимательского риска.

По степени изученности месторождения подразделяются на разведанные и оцененные.

*К разведанным* относятся месторождения (участки недр), запасы которых, качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение в установленном порядке. Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов (имеющих промышленное значение) и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (породы вскрыши, подземные воды, отнесенные на основании кондиций к балансовым), изучены и оценены в

степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;

- гидрогеологические и инженерно-геологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждены на представительных для месторождения участках детализации;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании ТЭР, позволяющих определить масштаб и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду; даны рекомендации по снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

*К оцененным* относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки. По степени изученности они должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации всех или большей части запасов по категории  $C_2$ ;
- вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;
- гидрогеологические, инженерно-геологические и другие природные условия изучены с полнотой, позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждена на участках детализации; подсчетные параметры кондиций установлены на основании укрупненных ТЭР или приняты по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных горно-геологических условиях;
- оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

## НЕОДНОРОДНОСТЬ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ НЕДР, ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И СПОСОБЫ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ

Исследование неоднородности скоплений полезных ископаемых

При изучении минерализованных участков недр как объектов разведки используется *концепция относительной элементарности*. В соответствии с этой концепцией объект исследования рассматривается в качестве сложной системы, состоящей из множества условно неделимых элементов и объединенных между собой совокупностью условно неделимых связей (Каждан, 1979). Выяснение взаимосвязи и

пространственных взаимоотношений элементов неоднородности системы обеспечивает понимание ее структуры.

В изучаемой системе каждый элемент представляет условно неделимую структурную единицу. Однако абсолютно неделимых структурных элементов в действительности нет. Концепция относительной элементарности приводит к представлению о строении материального мира, в том числе, геологических объектов, как об иерархии структурных уровней материи с наличием множества дискретных, условно неделимых структурных единиц в пределах каждого из них.

При детализации наблюдений выявляется неоднородность ранее выделенных условно неделимых структурных элементов и появляется возможность расчленения их на более мелкие единицы. Они характеризуют неоднородность изучаемого объекта уже на более детальном структурном уровне.

При решении геологоразведочных проблем задача сводится к изучению неоднородности природных скоплений полезных ископаемых, их структуры и анизотропии строения как основы для выяснения *изменчивости важнейших свойств полезного ископаемого в недрах*. Познание изменчивости геологических, технологических и горнотехнических свойств определяет обоснование методики разведочных работ, влияет на их последовательность, геолого-экономическую оценку месторождений, эффективность технологии разработки и переработки минерального сырья.

А. Б. Каждан (1974) предлагает при изучении рудоносных территорий выделять шесть последовательных структурных уровней строения минерализованных недр:

- минерализованной зоны (толщи);
- тела полезного ископаемого;
- морфологически обособленного участка тела полезного ископаемого;
- локального обособления участка тела полезного ископаемого (рудного гнезда);
- минерального агрегата;
- минерального зерна или кристалла полезного минерала.

На рис. 7 показана модель одного из флюоритовых месторождений, где отражены разные природно-структурные уровни проявленной минерализации (Каждан, 1977).

Позднее при рассмотрении вопроса о *системном подходе к изучению недр* А. Б. Каждан (1984) предложил задействовать в практике прогнозно-металлогенических исследований развернутую иерархию структурных уровней минерализованных участков недр, включающую большее количество структурно-однородных единиц (от региональных к локальным). Эта систематика призвана обеспечить возможность создания геологических моделей развития рудообразующих процессов при любых масштабах исследования территорий. Выделены следующие уровни строения:

- металлогеническая провинция;
- металлогеническая область;
- рудный район;
- рудный узел;
- рудное поле;
- месторождение полезного ископаемого;
- продуктивная (минерализованная) зона (толща) полезного ископаемого;

- продуктивная залежь (тело) полезного ископаемого;
- морфологически обособленный участок (блок) залежи полезного ископаемого;
- локальное скопление полезного ископаемого (объем селекции или добычи);
- минеральный агрегат, состоящий из зерен полезного минерала;
- зерно, кристалл или обломок полезного минерала.

Отмечено, что количество выделяемых в процессе разведки последовательных уровней может быть изменено в зависимости от целей и задач исследований и от совокупности изучаемых свойств полезного ископаемого.

При обосновании шага опробования, размеров отбираемых проб и расстояний между пунктами наблюдений определяющее значение приобретает исследование соотношений линейных элементов неоднородности (Каждан, 1977; Четвериков, 1984; Шевелев, 2004). Смысл этого утверждения заключается в том, что строение одного и того же природного скопления полезного ископаемого может быть оценено как *однородное* при достаточно больших размерах проб и как *неоднородное* при размерах проб, уменьшенных до определенного предела (рис. 8). При изучении штокверка «длинными» пробами строение штокверка представляется как однородное. Если же уменьшить длину пробы, то строение штокверка следует признать неоднородным.

Учитывая соотношение размеров элементов неоднородности и линейных размеров проб предлагается выделять *три типа неоднородности*:

- неоднородность высшего порядка – линейные размеры элементов неоднородности во много раз меньше линейных размеров проб, а общее их число в каждой пробе очень велико;
- эффективную неоднородность – линейные размеры элементов неоднородности примерно на порядок меньше линейных размеров проб, а их число в объеме пробы сравнительно невелико (последние десятки – первые сотни);
- неоднородность низкого порядка – линейные размеры элементов неоднородности превосходят размеры проб.

Изменчивость свойств полезных ископаемых

Неоднородность природных скоплений полезных ископаемых проявляется в *изменчивости их свойств*. Под изменчивостью понимается непостоянство значений признаков в разных точках пространства. На основе количественных характеристик изменчивости свойств полезных ископаемых решаются основные методические вопросы поисков, разведки, опробования и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых (Каждан, 1977, 1984). Если бы изменчивость себя не проявляла, то одно единственное наблюдение в любой точке (например, разведочное пересечение) давало бы полное и точное представление обо всем изученном объекте.

При дискретной сети наблюдений геологическая неоднородность низшего порядка проявляется как случайная, так и как неслучайная пространственная изменчивость изучаемого свойства, но чаще всего – как сумма обеих составляющих изменчивости.

Для *случайной изменчивости* характерна независимость друг от друга значений признака, наблюдаемого в разных точках залежи (в том числе и смежных). Они не зависят от расстояния между пунктами наблюдений и имеют по всем направлениям характер

случайных беспорядочных колебаний (рис. 9 б). Случайная изменчивость может быть количественно охарактеризована методами вариационной статистики случайных величин.

*Под неслучайной изменчивостью* (закономерной) понимают характеристику закономерностей пространственного размещения изучаемого свойства в некотором объеме недр. Определяющим свойством неслучайной изменчивости является наличие плавных колебаний значений признаки и постоянство знака приращения на протяжении изучаемого отрезка недр. Поскольку закономерная изменчивость связана с пространственным положением пунктов наблюдения, то её называют *координированной* (рис. 9а).

В реальных условиях всегда наблюдается сочетание случайной и закономерной изменчивости в разных пропорциях. В зависимости от их сочетаний предложено выделять три градации изменчивости (Поротов, 2004): простая – преобладает закономерная изменчивость на фоне случайных колебаний; сложная – закономерная и случайная изменчивость присутствуют приблизительно в равных отношениях; весьма сложная – преобладает случайная изменчивость, а закономерная составляющая проявлена лишь в виде тенденции. Составляющая случайной изменчивости оказывает непосредственное влияние на статистическую оценку средних характеристик изучаемого свойства, определяя число наблюдений, необходимое для достижения желаемой достоверности средних оценок. Однако в практике разведки в первую очередь геологов интересует пространственная изменчивость важнейших свойств, которая может быть выражена только ее неслучайной составляющей. Неслучайная изменчивость позволяет оценить характер *анизотропии свойств* полезного ископаемого и выдержанность его строения по разным направлениям в пространстве. Направление, по которому устанавливается максимальная или минимальная скорость изменения изучаемых свойств, носит название *оси анизотропии*.

Анизотропия проявляется в результате упорядоченности пространственного размещения геолого-структурных элементов – зерен, минералов, минеральных агрегатов, располагающихся по слоистости, сланцеватости, зон трещиноватости и т. д. Характеристика анизотропии служит основой для ориентировки сети наблюдений и выбора расстояний между смежными точками по каждому из наблюдаемых направлений.

Мерой анизотропии  $I$  служит отношение среднего числа  $n$  элементов неоднородности, пересекаемых линиями, проведенными в заданном направлении, к длинам этих линий  $l$  в пределах изучаемого объема полезного ископаемого:  $I = n / l$  (Каждан, 1984). Наиболее широко распространены скопления полезных ископаемых, имеющих три взаимно ортогональных направления анизотропии: жилы, россыпи, многие пластовые и пластообразные тела и залежи. В них направление максимальной изменчивости свойств совпадает с направлением мощности, а направление минимальной изменчивости – с их вытянутостью. Промежуточное по значению направление изменчивости совпадает с шириной залежей.

Реже встречаются трубообразные и изометричные линзообразные скопления полезных ископаемых, имеющих два направления анизотропии. В них выделяется круговое сечение, перпендикулярное к длинной или к короткой оси. В плоскости

кругового сечения изучаемые свойства близки к изотропным. Второе направление анизотропии совпадает с направлением оси.

Примерами изотропных скоплений полезных ископаемых являются изометрические штокверки цветных и редких металлов.

Таким образом, анизотропия и неоднородность строения природных объектов тесно взаимосвязаны и представляют собой разные формы проявления структуры изучаемых геологических образований. В то же время анизотропия любого порядка может быть выявлена в том случае, если совокупность элементов, создающих анизотропию, укладывается в размеры пробы. Большое значение имеет также учет пространственного расположения пунктов наблюдений. Чем выше природная неоднородность строения и изменчивость полезных ископаемых, тем более локальной должна быть система наблюдений при их разведке и более значительными размеры или объем отбираемых проб.

Природная изменчивость свойств полезных ископаемых представляет явление сложного и многопланового характера. Задача полного количественного описания ее практически не выполнима. Поэтому следует отличать понятие *природной изменчивости* свойств полезных ископаемых от понятия их *наблюдаемой изменчивости* по результатам геологоразведочных работ (Каждан, 1984).

Завершая обзор подходов к изучению изменчивости, приведем высказывание (Шевелев, 2004): «Как бы детально и технически качественно не производилась разведка, создаваемая на ее основе эмпирическая модель разведываемых объектов недр, является приближенным отражением действительности. Если методика разведки выбрана несоответствующей особенностям разведываемого объекта, то никакими формальными приемами и способами последующего анализа и обработки (включая применение математики и ЭВМ) нельзя исправить или уменьшить возникающие ошибки».

#### Способы изучения изменчивости

Способы анализа выявленной изменчивости разнообразны. Их условно можно объединить в две группы – геологические и математические. В основе каждой группы лежит выбранный тип моделей, используемых для отображения изменчивости параметров объекта.

#### Геологические способы.

Для отражения геологических представлений изучаемых объектов и наблюдаемых признаков используют разные виды графических (геометрических) моделей (Каждан, 1974, 1984; Поротов, 2004). Эти модели являются плоскостными графическими материалами или объемно-макетными (скульптурного, рельефного, скелетного и др. типов). Примерами плоскостных моделей являются планы в изолиниях (мощности, содержания, метропроцентов и др.), гипсометрические и погоризонтальные планы, разного вида графики по направлениям, проекции рудных скоплений на вертикальные или горизонтальные плоскости и т. д. На графических материалах отображаются степень, характер и структура изменчивости параметров месторождения или их совокупность по определенным сочетаниям, площадям. Надежная геологическая обоснованность и наглядность моделей делают их незаменимыми при изучении и прогнозировании изменчивости геологических объектов. Они остаются ведущим способом обоснования



системы разведки месторождений. Одной из разновидностей графических моделей являются блок-диаграммы, обеспечивающие наглядное пространственное представление о геологическом строении рудных полей, месторождений, участков (рис. 10).

Геологическое моделирование представляет сложную творческую задачу, допускающую порой несколько разных решений (Поротов, 2004). Причины этого – сложность геологических процессов, которые чаще всего остаются не познанными; дискретность сети наблюдений. Изученные объемы руд и горных пород малы по сравнению с объектами, на которые распространяются результаты наблюдений. Поэтому неизбежно возникают проблемы разработки более достоверных геологических моделей.

Графические модели обеспечивают лишь качественную оценку условий залегания, формы, строения природных скоплений полезных ископаемых и отражают упрощенное представление о характере и пространственной изменчивости свойств. Поэтому математическое обоснование геологических моделей, математический анализ изменчивости геолого-промышленных параметров выбранной модели становится необходимым. Приступить к математическому моделированию можно только создав удовлетворительную геологическую модель объекта. Геологическая модель должна отражать разделение объекта на блоки с разными типами изменчивости, тектонические смещения рудных тел, первичную и вторичную зональность и иные особенности. Игнорирование этих признаков объекта делает последующую математическую оценку изменчивости не корректной.

#### Математические способы

Математические методы, применяемые для изучения и прогноза изменчивости параметров геологических объектов, многочисленны и разнообразны. Задачей настоящего обзора является: дать общее представление об основных направлениях математического моделирования в рамках рассматриваемой проблемы; кратко охарактеризовать наиболее распространенные математические способы изучения изменчивости; указать области их применения и практическую значимость получаемых результатов (Поротов, 2004).

Вопросы математического моделирования широко освещены в многочисленных научных публикациях и учебной литературе. Эта информация отражена в учебниках и учебных пособиях (Каждан, 1974, 1984, 1990; Погребницкий и др., 1977; Поротов, 2004; Волков, 2006 др.). Более подробно проблемы изучения изменчивости параметров месторождений рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Геометризация и анализ геологических полей», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

Считается, что геологические объекты относятся к «плохо организованным природным системам». Они не поддаются точному количественному описанию и, как правило, взаимосвязь между их параметрами не может быть выражена строгими законами. Приходится создавать модель, дающую лишь приближенное представление о строении объекта и протекавших в объеме залежей рудообразующих процессах. Чем более точные представления будут получены исследователями об изучаемом объекте, тем объективнее будет подобрана соответствующая его особенностям цифровая модель, более надежные и представительные результаты получены при анализе материалов.

На базе геологических моделей созданы разные математические модели. Кратко охарактеризуем лишь некоторых из них:

- статистическая модель;
- геостатистическая модель;
- модели на основе случайной функции;
- разностные модели;
- геометро-статистическая модель.

**Статистические модели.** Их использование целесообразно, если в наблюдаемой изменчивости признака практически отсутствует закономерная составляющая и, следовательно, геометризация признака в изучаемом объеме недр практически невозможна.

Применение одномерной статистической модели основано на предположении о независимости значений изучаемого признака. В общем случае можно лишь считать, что чем выше степень изменчивости признака, тем полученные результаты ближе к статистической совокупности. Опыт показывает, что формулы математической статистики дают достаточно достоверные результаты при изучении изменчивости месторождений золота, платины, алмазов, редких и отчасти цветных металлов, мусковита и др., но оказываются ненадежными при оценке изменчивости залежей многих осадочных полезных ископаемых.

В практике разведочных работ одномерные статистические модели используются, главным образом, для численной оценки степени изменчивости геолого-промышленных параметров тел полезных ископаемых и месторождений, а также оценки точности полученных результатов. Важнейшими характеристиками таких моделей являются среднее значение изучаемого параметра  $x_{ср}$ , дисперсия  $s^2$ , среднеквадратичное отклонение  $s$  и коэффициент вариации  $V$ .

Поскольку у реальных геологических объектов обычно проявлено сочетание случайной и закономерной составляющих изменчивости, статистические модели, считающие все изменения случайными, показывают завышенную оценку. Во избежание этого необходимо выделять и исключать закономерную составляющую и рассчитывать коэффициент вариации только по данным выделенной случайной составляющей изменчивости.

При разведке месторождений выборки чаще всего характеризуются небольшими объемами. Поэтому оценку среднего значения оцениваемого параметра можно рассматривать как случайную величину, не соответствующую математическому ожиданию. Последнее и представляет собой истинное среднее значение этого параметра для генеральной совокупности – геологического объекта в целом. Поэтому одной из решаемых задач является выбор лучшего способа вычисления этой оценки и определение степени ее точности.

Статистические оценки могут быть точечными (выражены определенным числом) и интервальными (указывается интервал значений, в пределах которого находится истинное значение величины при заданной вероятности этого события) (Каждан, 1984).

При сравнении изменчивости параметров разной размерности наряду с абсолютной используют относительную величину (коэффициент вариации), обычно выражаемую в процентах:

$$V = \left( \frac{\sigma}{x_{\text{ср}}} \right) \cdot 100$$

Использование коэффициента вариации при оценке изменчивости имеет смысл в тех случаях, когда необходимо рассчитать средние значения геолого-промышленных параметров и погрешности их определения. Поэтому статистическая модель обычно применяется для изучения изменчивости содержания компонентов в рудах и мощностей тел полезных ископаемых, но она не эффективна при анализе условий залегания этих тел, их внутреннего строения и изменчивости качества нерудных полезных ископаемых (известняк, доломит, гипс и др.).

Геостатистическая модель. Предложена Ж. Матероном (Матерон, 1968) в шестидесятых годах прошлого столетия. Основана на предположении, что результаты наблюдений зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдений результаты измерений меняются. По этой причине их рассматривают как случайные величины. При этом средний квадрат разности измеренных значений зависит только от расстояния между пунктами наблюдений.

Основной инструмент геостатистики – вариограмма – используется для анализа и описания пространственной корреляционной структуры между произвольно размещенными реальными данными наблюдений. Вариограмма измеряет степень корреляционной связи между пробами в пространстве. Она обычно характеризуется 3-мя главными параметрами (рис. 11).

- *Эффект самородка* – это случайная составляющая дисперсии проб, которая показывает насколько велико различие содержаний в очень близко расположенных образцах. Величина эффекта самородка зависит от сети опробования месторождения и степени ее изменчивости. Название этого параметра введено при оценке месторождений золота, где часто встречаются непредсказуемые «ураганные» содержания металла.

- *Порог вариограммы* – это величина дисперсии проб. Когда вариограмма достигает порога, она часто выполаживается и больше не растет.

- *Зона влияния* – это максимальное расстояние, на котором между пробами еще существует корреляция. На меньших расстояниях (с определенной долей вероятности) можно предсказать содержание в точке массива по данным опробования, а на больших дистанциях – не имеем права. Вариограмма достигает порога на расстоянии, равном зоне влияния. На графике – это расстояние по оси абсцисс от начала координат до точки пересечения теоретической вариограммы с линией порога.

Вариограмма рассчитывается как сумма квадратов разности содержаний между пробами, отстоящими друг от друга на расстоянии  $h$ , отнесенная к удвоенному числу пар проб. Функция экспериментальной вариограммы имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = \frac{\sum (C_i - C_{(i+h)})^2}{2N},$$

где  $C_i$  – содержание элемента в точке  $i$ ,

$C_{(i+h)}$  – содержание элемента в точке, отстоящей на расстояние  $h$  от « $i$ » пробы.

Анализ вариограмм необходим для изучения пространственной неоднородности минерализации и расчета исходных параметров для оценки содержаний с помощью кригинга. Выполнение подобных исследований оправдано в тех случаях, когда предполагается наличие на месторождении жильных тел или рудных зон, прослеженных на значительные расстояния, а также если месторождение характеризуется рассеянной минерализацией с неопределенным типом анизотропии. В прикладном плане знание параметров пространственной изменчивости рудной минерализации дает возможность существенно сэкономить средства на разведочные работы, так как наличие вариограмм позволяет уверенно рассчитывать уровень содержаний между буровыми скважинами без дополнительного сгущения буровой сети, а также обосновывать оптимальную густоту разведочной сети. Выявленные закономерности распределения полезных компонентов в пространстве позволяют более надежно интерполировать значения содержаний, оценивать достоверность запасов.

Расстояние, на котором достигается порог (зона влияния), может меняться в зависимости от направления, вдоль которого оценивалась вариограмма. Например, в случае пластовой залежи изменчивость содержаний по простиранию пласта будет меньше, нежели вкрест простирания. Этот феномен называется геометрической (или дирекционной) анизотропией минерализации (Поротов, 2004). В случае если в разных направлениях вариограммы имеют разный порог, анизотропия называется зональной.

При моделировании вариограммы необходимо выбрать соответствующий тип модели. Существуют следующие основные типы вариограммы: линейная, общая линейная (линейные графики), сферическая, экспоненциальная, гауссова, с дырочным эффектом (криволинейные графики). Чаще всего используют сферическую или экспоненциальную модели (рис. 12).

Исследование пространственной изменчивости содержаний полезного компонента с помощью геостатистической модели проведено на одном из золоторудных месторождений Казахстана. Работа выполнена студентом-дипломником М. А. Дресвянниковым (2017). При обобщении материала за основу взята концепция, что традиционными рудоконтролирующими для золотого оруденения считаются структуры северо-восточного направления. Поэтому все первичные геохимические ореолы привязывались к ним, в том числе и ореолы золота.

Для анализа пространственного распределения золота с помощью программы LeapFrogGeo построены 3D модели, отражающие пространственное распределение содержаний золота. В результате на месторождении выделено 6 зон по преобладающему направлению простирания минерализованных зон (рис. 13).

По каждой выделенной зоне рассчитывались экспериментальные вариограммы. Для более наглядного представления построены поверхности вариограмм, представляющие собой розы-диаграммы, на которых в зависимости от направления и расстояния вынесены значения функции вариограммы ( $\gamma$ ). На рис.14-16 интенсивность закрашки отражает изменение значений дисперсии, приведенные к шкале; стрелками показаны направления минимальной изменчивости золота. В первой зоне (рис. 13) северо-восточное направление минимальной изменчивости соответствует вытянутости рудоносной зоны. Зона 2, находящаяся в центральной части месторождения, уже имеет

изотропное строение (рис. 15), которое может быть объяснено пересечением двух преобладающих на месторождении направлений распространения золоторудной минерализации (северо-западного и северо-восточного). В третьей зоне (рис. 16) направление изменчивости изменяется на противоположное, характерное для дисперсии первого участка. В целом, горизонтальные вариограммы подтверждают данные, полученные при моделировании рудной зоны. Зоны 1, 4 и 5 имеют минимальные значения дисперсии в северо-восточном направлении, зоны 3 и 6 – северо-западное, 2-ая зона – изотропна по значениям изменчивости.

Выявление в результате геостатистического моделирования «нового» структурного направления (северо-западного) (рис. 16) позволило спроектировать золотодобывающей компании в этой зоне продолжение геологоразведочных работ (в рамках доразведки северо-западного фланга месторождения).

Модели на основе случайных функций могут быть использованы для количественного описания изменчивости признака (пространственной переменной) в зависимости от местоположения пунктов наблюдений. В основе модели лежит гипотеза, что значение признака является случайной функцией координат.

$$\varphi(x) = m(x) + \delta(x).$$

Случайная функция состоит из двух частей: закономерной  $m(x)$  и случайной  $\delta(x)$  составляющих (рис. 17).

Закономерную часть называют математическим ожиданием случайной функции. Значения случайной функции, получаемые в результате эксперимента и заранее неизвестные, называются ее реализацией. Основными характеристиками случайной функции  $j(x)$  являются ее математическое ожидание, дисперсия случайной составляющей, автоковариационная и автокорреляционная функции.

*Математическое ожидание*  $m(x)$  представляет собой наиболее вероятное значение случайной функции в точках  $x$ . Дисперсия случайной составляющей  $D$  выражается формулой:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(x_i)$$

*Автоковариационная функция*  $K(h)$  представляет собой среднее произведение соседних отклонений на расстоянии  $h$ :

$$K(h) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [\delta(x_i + h)\delta(x_i)]^2,$$

где  $n$  – количество наблюдений;  $m$  – количество пар соседних отклонений.

*Автокорреляционная функция*  $r(h)$  представляет собой отношение автоковариационной функции к дисперсии:

$$r(h) = K(h)/D.$$

Сложность применения случайных функций состоит в том, что результаты геологических наблюдений представляют собой, как правило, лишь одну ее реализацию. Характеристики случайной функции можно найти либо тогда, когда она является стационарной и эргодичной, либо при введении дополнительных гипотез.

*Стационарной* называют случайную функцию, у которой характеристики не меняются при сдвиге сети наблюдений. Она имеет постоянное математическое ожидание и дисперсию, а корреляционная функция ее зависит лишь от расстояния  $h$  между соседними пунктами наблюдения, т. е. по существу является функцией одного аргумента. *Эргодичной* именуют стационарную случайную функцию, одна реализация которой на большом интервале эквивалентна большому числу реализаций на малом интервале.

**Модель на основе стационарной случайной функции** предполагает, что математическое ожидание – величина постоянная, т. е. закономерные изменения признака в пространстве отсутствуют. Тогда математическое ожидание (оценка математического ожидания) равно среднему значению признака:  $m(x) = j_{\text{ср}}$ , а случайные отклонения находят по формуле  $d(x) = j(x) - j_{\text{ср}}$ . Дисперсия, автоковариационная и автокорреляционная функции вычисляются по формулам, приведенным выше.

Из перечисленных характеристик наибольший интерес представляет *автокорреляционная функция*  $r(h)$ , которая показывает степень связи соседних значений признака в зависимости от шага наблюдений  $h$ . При  $h = 0$  корреляционная функция  $r = 1$ ; с увеличением шага наблюдений значение  $r$  убывает и стремится к нулю. Предельный шаг наблюдений, при котором коэффициент автокорреляции становится неотличимым от нуля, называется радиусом автокорреляции  $R$ . Он соответствует максимальному расстоянию, на котором еще обнаруживается взаимосвязь соседних наблюдений (рис. 18).

На практике автокорреляционная функция вычисляется по дискретным данным и изображается ломаной линией. За радиус автокорреляции обычно принимают тот шаг, при котором линия автокорреляции первый раз пересекает линию абсцисс.

Автокорреляционная функция зависит от направлений изучения изменчивости параметров и поэтому дает представление об анизотропии залежей. Чем больше радиус автокорреляции в заданном направлении, тем медленнее меняется значение параметра и меньше его изменчивость. Если значение радиуса автокорреляции одинаково по всем направлениям, то геологический объект является изотропным.

Радиус автокорреляции характеризует средний размер области влияния одного наблюдения, что используется при обосновании плотности разведочной сети. Для надежного установления поведения параметра между пунктами наблюдений необходимо, чтобы расстояние между ними не превышало двух радиусов, т. е. области влияния соседних наблюдений перекрывались.

Отметим, что характеристики стационарной случайной функции отражают достоверную картину лишь при отсутствии периодичности в изменении признаков. Они должны быть согласованы с периодами, сопоставимыми с размерами изучаемого объекта. В противном случае (ритмичность разреза, периодичность появления рудных столбов или разрывных нарушений и т. д.) требуется выявление периодов и амплитуд периодической изменчивости и вычитание ее из реализации случайной функции, чтобы значения параметра привести к стационарному виду.

Различия между геостатистической моделью и моделями типа случайных функций заключается в том, что предметом изучения геостатистики служит исследование расхождений между оцениваемой величиной  $Q$  и ее оценкой  $q$ . Сама пространственная

переменная рассматривается как детерминированная функция, а вероятностный подход проявляется только при оценке расхождения  $\varepsilon = Q - q$ .

При использовании моделей типа случайных функций предметом исследования являются природные скопления полезных ископаемых и их свойства в недрах, а в качестве случайных величин рассматриваются не дисперсии оценок, а значения всех наблюдаемых свойств. В строении полезных ископаемых выявляются элементы их неоднородности, а характеристики изменчивости изучаемых свойств оцениваются не в заведомо заданных объемах недр, а на том структурном уровне, который выявляется принятой сетью наблюдений.

**Разностные модели** изменчивости основаны на изучении приращений значений признака между соседними точками наблюдения и имеют целью исключение влияния закономерной составляющей изменчивости для более правильной характеристики случайной изменчивости.

Модель со вторыми разностями впервые предложена Д. А. Казаковским (Казаковский, 1948) и нашла широкое практическое применение. Метод Д. А. Казаковского разработан для правильных квадратных сетей и позволяет оценивать изменчивость геолого-промышленных параметров, которые могут быть изображены в виде топографических поверхностей, главным образом для изучения изменчивости мощности тел полезных ископаемых. Сначала вычисляют первые разности значений признака по соседним точкам:

$$\Delta'_t = \varphi_{i+1} - \varphi_i$$

а затем находят вторые разности как приращения соседних первых разностей:

$$\Delta''_t = \Delta'_{i+1} - \Delta'_i = \varphi_{i+2} - \varphi_{i+1} + \varphi_{i+1} - \varphi_i = \varphi_{i+2} - \varphi_i$$

Абсолютной мерой изменчивости является показатель сложности топографической поверхности  $\mu_a$ , который представляет собой среднее значение абсолютной величины вторых разностей:

$$\mu_a = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k |\Delta''_t|,$$

где  $k$  – количество вторых разностей.

Относительная изменчивость признака оценивается с помощью показателя изменчивости  $m$ , который представляет собой выраженное в долях единицы отношение показателя сложности поверхности  $m$  к среднему значению изучаемого параметра  $j_{\text{ср}}$ .

**Геометро-статистическая модель.** Основоположником горно-геометрического моделирования является П. К. Соболевский. В основе созданной им модели лежит представление о функциональных связях наблюдаемых свойств с пространственными координатами. Позже его идеи нашли отражение в геометро-статистической модели, разработанной В. Ф. Мягковым (Мягков и др., 1986).

Частные значения характеристик реального поля в точках пространства неоднородны по своему составу. Они представляют собой алгебраическую сумму двух величин, называемых регулярной и случайной составляющими (компонентами) поля  $U_i = f(x_i) + \delta_i$  (одномерный вариант), где  $U_i$  – значение переменной в  $i$ -той точке пространства

с координатами  $x_i$ ;  $f(x_i)$  – значение регулярной (или закономерной) составляющей;  $\delta_i$  – значение случайной составляющей (рис. 19).

*Регулярной (или закономерной) составляющей* поля называется детерминированная компонента, фиксирующая направленность изменения изучаемого свойства в пространстве геологического объекта. Например, закономерность выклинивания линзообразного рудного тела от центра к периферии залежи.

*Случайной компонентной* поля называется составляющая, обуславливающая флуктуацию ее значений относительно детерминированной переменной. Ее наличие определяется влиянием как геологических, так и технологических факторов. Например, флуктуация мощности относительно генеральной тенденции к выклиниванию линзовидного тела от центра к периферии в случае экзогенного месторождения обусловлена не только неровностями дна бассейна седиментации, но и погрешностями принятого способа измерений.

Количественное описание наблюдаемой изменчивости поля заключается в разделении ее на две составляющие, определении амплитуды каждой из них и уровней изменчивости. Закономерная изменчивость определяется построением аппроксимирующей функции, получаемой аппроксимацией исходных значений параметра, а случайная изменчивость оценивается среднеквадратичным отклонением исходных наблюдений от графика аппроксимирующей функции.

Построение начальной аппроксимирующей поле функции на каждом одномерном сечении осуществляется по данным регуляризации измерений в соответствии с формулой, выведенной при условии четырехкратного последовательного сглаживания по двум точкам (Мягков, 1984):

$$U_j = 0,0625 (U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4U_{i+3} + U_{i+4}),$$

где  $U_j$  – значение регулярной составляющей поля,  $U_i$  – частные значения, полученные в результате измерений или опробования по совокупности пространственно сближенных точек. При этом координаты  $x_j$  определяются либо по аналогичной приведенной зависимости (вместо  $U_i$  в формулу подставляются значения  $x_i$ ), либо по упрощенной формуле:

$x_j = x_i + (j + 1) \cdot \Delta x$ , если шаг наблюдений принят в качестве постоянной величины ( $j = i+2...$ ).

С помощью геометро-статистической модели можно выразить основные особенности пространственной изменчивости свойств геологических объектов, установить примерные числовые значения изучаемого свойства в любой точке исследуемого объекта, получить представление о его морфологии и внутреннем строении. В то же время геометро-статистические модели не обеспечивают объективную количественную оценку изменчивости изучаемых свойств. Если статистические методы не учитывают влияния плавных, закономерных изменений, то методы геометризации игнорируют влияние многочисленных случайных отклонений по отдельным пунктам наблюдений.

## Контрольные вопросы к теме 2

1. Перечислите и кратко охарактеризуйте факторы, определяющие промышленную значимость месторождений.



2. Как делятся месторождения по масштабу, качеству полезных ископаемых?
3. На что влияют глубина и условия залегания тел полезных ископаемых?
4. Зачем необходимо изучать инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождений?
5. Как можно подразделить месторождения по форме залежей? Как влияет форма рудных тел на разведку и разработку месторождений?
6. Какие факторы положены в основу группировки месторождений для целей разведки?
7. Какие группы месторождений фигурируют в Методических указаниях ГКЗ? Как их учитывают при разведке?
8. Неоднородность строения минерализованных недр. Как она учитывается при разведке?
9. Изменчивость свойств полезных ископаемых, виды ее проявления.
10. Какие геологические способы изучения изменчивости известны?
11. Какие математические способы исследования изменчивости используют в последнее время при разведке месторождений?
12. Какие основные характеристики фигурируют при использовании геостатистической модели изменчивости?

### Тема 3

## Методологические основы разведки недр

### ПРИНЦИПЫ РАЗВЕДКИ НЕДР

Земные недра обычно недоступны для непосредственных наблюдений. Они познаются преимущественно выборочным методом по сети пространственно разобщенных искусственных или естественных обнажений (Каждан, 1984). При этом полнота и достоверность полученных представлений о строении и составе недр зависит от густоты сети наблюдений, характера и степени неоднородности изучаемых объектов, прерывистости изучаемых свойств. Это побудило исследователей (Крейтер В. М., Каждан А. Б., Четвериков Л. И. и др.) сформулировать принципы, определяющие методологические подходы к изучению и оценке недр.

*Принцип последовательных приближений* предусматривает необходимость соблюдения правила: «от общего к частному». Геологические исследования начинаются с выявления крупных потенциально рудоносных площадей и отбраковки заведомо неперспективных территорий. После этого целесообразно перейти к более детальному изучению потенциально рудоносных площадей с последовательной ее разбраковкой на перспективные и неперспективные участки. В рамках реализации принципа весь геологоразведочный процесс подразделяется на три этапа и пять стадий (см. главу 5). Предложенная стадийность отражает рациональную последовательность проведения геологоразведочных работ, когда изучение недр проводится с возрастающей детальностью. Сначала выделяются общие геологические закономерности, а затем исследуются детали строения. По мере накопления разведочных данных возрастает полнота и надежность оценки объекта. Появляется возможность пространственного обособления внутри ранее выделенных условно однородных элементов геологического строения ещё более мелких структурных элементов. Вследствие ограниченности выборочных данных для суждения о свойствах и степени изученности объекта необходимо привлечение дополнительной информации, которую можно получить по принципу аналогии.

*Принцип аналогии* основан на положении о том, что геологические структуры и заключенные в них полезные ископаемые формировались в близких условиях. Они обладают чертами сходства условий залегания, строения и состава. Именно это обстоятельство обеспечивает подобие свойств объекта-эталона и изучаемого объекта. Степень подобия минерализованных участков недр зависит от пространственной близости и масштабов сравниваемых объектов: чем меньше их размеры и меньше расстояния между ними, тем больше проявляется сходство.

На стадии разведки можно выделить два подхода при принятии решений по аналогии: а) внутриобъектная; б) межобъектная. *Первый подход* – параметры разведочной сети принимаются близкими к изученным (и даже уже освоенным) участкам недр. Подобный подход возможен при разведке (доразведке) глубоких горизонтов месторождения, его флангов. *Второй подход* – использование данных по другим детально изученным объектам, используется при обосновании параметров разведочной сети на вновь вовлекаемых в разведку месторождениях. Этот принцип, основанный на типизации

месторождений, изложен в «Методических указаниях...», подготовленных ГКЗ при МПР РФ для отдельных типов полезных ископаемых.

*Принцип максимальной эффективности* является объединяющим ранее сформулированные В. М. Крейтером принципы наименьших трудовых и материальных затрат и полноты исследования (Петруха, 2003). Сущность принципа заключается в том, что в каждый момент выполнения геологоразведочных работ затраты на получение дополнительной информации не должны превышать экономических потерь, вызванных возможными просчетами в работе будущего предприятия. Полнота информации, необходимой и достаточной для строительства горнодобывающего предприятия, определяет подготовленность месторождения для промышленного освоения. Эта информация должна обеспечить достоверную характеристику разведываемого месторождения.

Достижение полноты необходимой информации осложнено крайне ограниченным объемом получаемых геологоразведочных данных по сети редких разведочных пересечений. В то же время собранная информация должна быть достаточной для принятия проектных решений по разработке месторождения и переработке добываемого минерального сырья. Здесь работает известный в математической статистике метод изучения свойств объектов на основе ограниченной по объему выборки. На каждой последовательно сменяющейся стадии изучения объекта выборка становится более представительной. В то же время из-за ограниченности геологических наблюдений, их неполноты любое проектное решение по освоению месторождения сопровождается риском, обусловленным возможными просчетами из-за неполноты собранных данных. Задача разведки – минимизировать эти риски до экономически рациональных размеров. Это возможно за счет выборочной детализации сети наблюдений на отдельных локальных участках.

*Принцип выборочной детализации* заключается в том, что проведение геологоразведочных работ в пределах всего объекта изучения должно сочетаться с более детальными работами на отдельных его участках (Каждан, 1984). При этом необходимо определиться с позицией эталонного участка, определить оптимальную детальность наблюдений в его пределах. Эталон-аналоги детализационных работ должны быть представительными по отношению ко всему изучаемому объему недр. Чем типичнее окажутся эти участки, тем полнее будут критерии подобия и меньше погрешности распространения эталонных данных на весь оцениваемый объем. Рассмотрим примеры.

Согласно «Методическим рекомендациям по применению классификации запасов... (2007)» детализационные работы на стадии оценочных работ должны предусматривать обоснование в пределах локальных участков запасов категории  $C_1$ . С учетом полученных данных на этих участках следует предусмотреть опытно-промышленную разработку (ОПР) минерального сырья. В условиях действующих горных предприятий в качестве эталонов-аналогов следует использовать уже отработанные участки месторождения.

## СТАДИЙНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Изучение недр с целью выявления и промышленной оценки месторождений полезных ископаемых осуществляется последовательно по стадиям, по мере отбраковки неперспективных площадей и более детальном исследовании заслуживающих внимания объектов. Стадийность охватывает все виды геологоразведочных работ и отражает рациональный порядок последовательности их проведения (Положение..., 1999). Выделяется три этапа и пять стадий геологоразведочных работ (табл. 1). Составители «Положения...» отмечают, что границы между стадиями условны и определяются масштабами ведущихся работ. Информация, получаемая на каждой стадии, по полноте и достоверности должна быть достаточной для геологического и технико-экономического обоснования геологоразведочных работ последующей стадии, либо освоения и проектирования разработки месторождения. «Положение...» носит рекомендательный характер и устанавливает общие для всех видов полезных ископаемых требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ для отдельных стадий.

### ***Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения***

*Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых*

Производится с целью получения комплексной геологической информации, составляющей основу геологического изучения территории и оценки ее минерагенического потенциала. Призвано обеспечить выявление закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых. Основным результатом регионального геологического изучения недр является моделирование и ранжирование по экономической значимости структурно-вещественных и минерагенических комплексов, локальный прогноз и начальная геолого-экономическая оценка потенциальных объектов минерального сырья. Основными видами работ являются площадные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические съемки, наземные и аэрогеофизические работы, широкий комплекс специализированных исследований: космоструктурные, геолого-минерагенические, геохимическое картирование и другие виды изучения недр. Площадные картографические работы проводятся в масштабах: 1:15000000 и мельче – сводное и обзорное; 1:1000000 (1:500000) – мелкомасштабное; 1:200000 (1:100000) – среднемасштабное; 1:50000 (1:25000) – крупномасштабное. Для развития минерально-сырьевой базы главное значение имеют средне-крупномасштабные виды картографирования. По результатам выполненных работ выявляются и оконтуриваются прогнозные площади (минерагенические зоны, рудные районы, узлы и поля) с оценкой прогнозных ресурсов по категориям  $P_3$ ,  $P_2$ , ( $P_1$ ).

### ***Этап II. Поиски и оценка месторождений***

*Стадия 2. Поисковые работы*

Объектами исследований являются рудные районы, узлы и поля или их части, выявленные в процессе предшествующей стадии регионального геологического изучения недр, по которым имеются оцененные прогнозные ресурсы категорий  $P_2$  и  $P_3$ . Работы могут производиться и на ранее опоскованных площадях, если это обусловлено изменением представлений о геологическом строении перспективных площадей, изменением конъюнктуры минерального сырья, увеличением глубинности исследования

недр. Поиски могут проводиться в разных масштабах (обычно в пределах 1:50000-1:10000). Включают комплекс геолого-минералогических, геофизических, геохимических и других видов и методов исследований с проходкой поисковых скважин и поверхностных горных выработок. Для поисков скрытых и погребенных объектов используется глубокое бурение в сочетании со скважинными геофизическими исследованиями. Рациональный комплекс методов формируется на основе особенностей геологического строения объекта, ландшафтно-геохимических условий проведения работ, накопленного в отрасли опыта. По совокупности полученной информации, ее комплексной интерпретации выделяются перспективные аномалии, участки. Проверка природы аномалий, вскрытие, опробование и изучение проявлений полезных ископаемых осуществляется поверхностными горными выработками и поисковыми скважинами. В отобранных пробах определяются основные и попутные компоненты, а в необходимых случаях – технологические свойства руд. На выявленных проявлениях полезных ископаемых оцениваются прогнозные ресурсы категорий  $P_2$  и  $P_1$ . На основе полученных данных выполняется геолого-экономическая оценка выявленных объектов по укрупненным показателям. Положительно оцененные проявления включаются в фонд объектов, рекомендуемых к постановке оценочных работ с выдачей соответствующих лицензий.

### *Стадия 3. Оценочные работы*

Оценочные работы проводятся на выявленных и положительно оцененных проявлениях полезных ископаемых. Для оконтуривания площади, изучения геолого-структурных условий локализации оруденения проводится геологическая съемка в масштабе 1:25000-1:10000 и крупнее (для сложных и небольших объектов). Геологическая съемка сопровождается детальными минералого-петрографическими, геофизическими и геохимическими исследованиями, вскрытием и прослеживанием тел полезных ископаемых поверхностными горными выработками (канавы, шурфы, картировочные скважины). Все вскрытые выходы полезной минерализации подвергаются опробованию и анализу на основные и попутные компоненты.

Технологические свойства полезного ископаемого определяются по лабораторным пробам, а в необходимых случаях – по малым и большим технологическим пробам. По этим результатам намечается принципиальная схема переработки руд, обеспечивающая комплексное использование полезного ископаемого.

Во всех разведочных выработках осуществляется комплекс гидрогеологических, инженерно-геологических исследований, достаточных для обоснования вскрытия и разработки месторождения. Дается характеристика экологических условий производства добычных работ и оценка их влияния на природную среду.

Материалы, полученные при производстве оценочных работ, должны обеспечить оценку промышленного значения месторождения с подсчетом большей части запасов по категории  $C_2$ . По менее детально изученной части месторождения количественно оцениваются прогнозные ресурсы категории  $P_1$ . Достоверность данных о геологическом строении, условиям залегания и морфологии тел полезных ископаемых подтверждается на участках детализации с подсчетом разведанных запасов категории  $C_1$ .

В соответствии с рекомендациями, содержащимися в Методических рекомендациях по применению классификации запасов... (2007), на завершающем этапе оценки целесообразно выполнение на участках детализации отдельных месторождений специализированных работ – «Опытно промышленной разработки» (ОПР) в пределах локального объема минерализованных недр.

Геолого-экономическая оценка объектов осуществляется в процессе проведения работ и по их завершению. В начальный период оценочных работ проводится *оперативная геолого-экономическая оценка* прямым расчетом по укрупненным показателям. По результатам ее принимаются решения о целесообразности продолжения работ или их прекращении. После завершения стадии «Оценочные работы» разрабатываются *временные кондиции* и составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором дается экономически обоснованная предварительная оценка промышленной ценности месторождения, определяющая целесообразность передачи объекта в разведку с последующим его освоением. *Месторождения*, получившие положительную экономическую оценку на оценочной стадии, *называются оцененными*.

Отчет с результатами подсчета запасов, включая обоснование «временных» кондиций и ТЭД, представляются на государственную геологическую, экономическую и экологическую экспертизу. Заключение экспертизы является основанием для постановки запасов на государственный учет.

### ***Этап III. Разведка и освоение месторождения***

#### ***Стадия 4. Разведка месторождений***

Объектом разведки является закрепленная лицензией в виде горного отвода часть недр, включающая полностью или частично месторождение полезного ископаемого. Разведочные работы осуществляются с целью получения информации для проектирования строительства горнодобывающего предприятия. В «Положении...(1999)» отмечается, что в *процессе освоения месторождения* с целью расширения и укрепления минерально-сырьевой базы действующего или реконструированного горного предприятия возможно проведение *доразведки месторождения*. Эти работы предусматривают в каждом отдельном случае решение конкретных геологических задач. Например, дополнительное изучение флангов или глубоких горизонтов месторождения, уточнение технологических свойств полезного ископаемого и т. д.

При разведке завершается изучение строения месторождения с поверхности с составлением геологической карты на инструментальной основе. В зависимости от размеров, сложности геологического строения, изменчивости тел полезных ископаемых съемка проводится в масштабе 1:10000-1:1000 с применением геохимических, геофизических методов, проходкой горных выработок (канавы, шурфы, траншеи), мелких скважин. Все выходы полезных ископаемых прослеживаются, опробуются с детальностью, позволяющей выявить форму, строение, условия залегания, интенсивность и глубину проявления зоны окисления.

Разведка на глубину проводится скважинами до горизонтов, разработка которых экономически целесообразна. Месторождения сложного строения разведываются скважинами в сочетании с подземными горными выработками. Расположение горных

выработок (в случае отработки объекта подземным способом) должно обеспечить максимально возможное их дальнейшее использование при эксплуатации.

Последовательность и объемы разведочных работ, соотношение горных и буровых выработок, форма и плотность разведочной сети, методы и способы отбора проб (рядовых, групповых, технологических) определяются, исходя из геологических особенностей разведываемого месторождения. Вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучаются с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки.

Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические условия изучаются с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для составления проекта разработки месторождения. В процессе разведки дается оценка возможных источников питьевого и технического водоснабжения, проводятся работы по выявлению местных строительных материалов, разрабатываются схемы размещения объектов промышленного и гражданского назначения, обеспечиваются природоохранные мероприятия.

Разведка завершается разработкой технико-экономического обоснования (ТЭО) *постоянных разведочных кондиций*. Производится подсчет запасов основных и попутных компонентов по категориям в соответствии с группой месторождений по сложности строения, дается детальная экономическая оценка промышленной ценности месторождения. Пространственное размещение запасов, их соотношение по категориям устанавливается недропользователем. По завершению работ *месторождение называется разведанным*.

Материалы подсчета запасов, результаты ТЭО и обоснование постоянных разведочных кондиций подлежат государственной экспертизе (геологической, экономической, экологической).

#### *Стадия 5. Эксплуатационная разведка*

Эксплуатационная разведка проводится регулярно на эксплуатируемых месторождениях с целью получения достоверных данных для безопасного ведения работ, оперативного планирования добычи, обеспечения наиболее полного извлечения из недр полезных ископаемых. Объектами изучения и оценки являются эксплуатационные этажи, блоки, уступы. Основными задачами при этом являются: уточнение контуров, вещественного состава, внутреннего строения тел полезного ископаемого, количества запасов по технологическим типам и сорта руд (с их геометризацией), уточнение гидрогеологических, горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки по отдельным горизонтам, блокам и т. д. Подсчитываются запасы подготовленных к отработке блоков, запасы готовые к выемке.

Для обеспечения рационального использования недр ведется учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Определяются показатели извлечения количества полезного ископаемого и изменения его качества.

В процессе разработки месторождения при резком отклонении в отдельных его частях геологических, горнотехнических и иных условий разработки, а также при изменении экологической конъюнктуры, недропользователь имеет право разработать ТЭО

эксплуатационных кондиций. Они разрабатываются на ограниченный временной период и должны быть привязаны к конкретным участкам эксплуатации.

На протяжении разведки и эксплуатации месторождения ведется учет движения запасов в результате их прироста, добычи, переработки или списания с баланса горнодобывающего предприятия. Информация по движению запасов, добыче, потерях и обеспеченности предприятия разведанными запасами передается в федеральные и территориальные фонды геологической информации.

## ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для сравнения запасов месторождений одного и того же ископаемого, учета минеральных ресурсов разной изученности в пределах страны и регионов необходимо располагать стандартизирующей системой. Такой системой является *классификация запасов*.

В нашей стране классификация месторождений полезных ископаемых утверждалась многократно (1933, 1941, 1953, 1984, 1997, 2007 гг.). Последняя классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых устанавливает единые для Российской Федерации принципы их обоснования (Классификация..., 2007). Запасы полезных ископаемых подсчитываются по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе из изучения и промышленного освоения. Качество полезных ископаемых изучается с учетом необходимости их комплексного использования, технологии переработки на основе определенных требований к качеству полезных ископаемых и технических условий. При этом определяются содержания основных и попутных ценных, токсичных и вредных компонентов, формы их нахождения и особенности распределения в продуктах обогащения и переработки. Объектом подсчета запасов полезных ископаемых является месторождение (или часть месторождения) твердых полезных ископаемых.

Подсчет и учет запасов по месторождению производится в единицах массы или объема в соответствии с экономически обоснованными параметрами кондиций без учета потерь и разубоживания при добыче и переработке полезных ископаемых.

По экономическому значению запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них попутных компонентов подразделяются на две группы: балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические); они подлежат раздельному подсчету и учету.

К *балансовым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам (ТЭР) экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К *забалансовым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно ТЭР экономически не эффективна (убыточна) из-за низких технико-экономических показателей, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий. Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если ТЭР установлена



возможность их последующего извлечения или складирования для использования в будущем.

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании технико-экономического обоснования (ТЭО), подтвержденного государственной экспертизой. В рамках этой оценки должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений, предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований законодательства РФ.

Запасы полезных ископаемых по *степени геологической изученности* подразделяются на категории *A, B, C<sub>1</sub>* и *C<sub>2</sub>*. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых категорий *P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>* и *P<sub>3</sub>* в настоящем учебном пособии не рассматриваются. Критерии их выделения в пределах минерализованных участков недр разобраны в учебных пособиях (Баранников, 2011, 2013; Коробейников, 2009; Поротов, 2012 и др.).

*Запасы категории A* выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й группы сложности геологического и должны удовлетворять требованиям: установлены размеры, форма и условия залегания тел полезных ископаемых; изучен характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения; выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки; установлено наличие разрывных нарушений; выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлен их состав, свойства, охарактеризовано качество сортов; изучены распределение и формы нахождения ценных и вредных компонентов в минералах и продуктах переработки; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по горным выработкам и скважинам на основе результатов их детального опробования.

*Запасы категории B* выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й и 2-й групп сложности строения и должны удовлетворять следующим требованиям: установлены размеры, основные особенности и изменчивость внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлено их положение и амплитуды смещения; определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественное соотношение промышленных типов и сортов полезного ископаемого; определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок.

*Запасы категории C<sub>1</sub>* составляют основную часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности геологического строения. Также эти запасы могут выделяться на участках детализации месторождений 4-й группы. Они должны удовлетворять следующим требованиям: выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения; оценены изменчивость и возможная прерывистость тел

полезного ископаемого, наличие площадей развития мелко амплитудных нарушений; определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных типов и сортов, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с учетом данных геофизических и геохимических исследований.

*Запасы категории C<sub>2</sub>* выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности геологического строения составляют основную часть запасов, вовлекаемых в разработку. Они должны удовлетворять следующим требованиям: размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений с учетом данных геофизических и геохимических исследований, геологических построений.

Учитывая определенную «монотонность» в изложении вопроса категоризации запасов и, в известной степени, повторяемость предъявляемых требований к обоснованию отдельных категорий запасов, отразим этот материал в таблице 2, приведенной в учебном пособии (Шевелев, 2004). В ней наглядно *отражены особенности* требований к запасам разных категорий.

На разрабатываемых месторождениях *вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы* полезных ископаемых, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок, *подсчитываются отдельно* по категориям в соответствии со степенью их геологической изученностью.

При квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классифицированного показателя должны (или могут) использоваться количественные и вероятностные оценки *точности и достоверности* определения основных параметров. Однако конкретных количественных показателей для отдельных категорий запасов до сих пор не разработано. Свой подход в решении этого непростого вопроса рассмотрен А. Б. Кажданом (Каждан, 1977, 1984).

Нет сомнения в том (отмечает этот автор), что категория запасов определяется *густотой сети наблюдений*. В то же время *точность подсчета запасов зависит, прежде всего, от количества наблюдений в пределах разведанного участка* и в меньшей степени – от густоты сети наблюдений. При разной густоте сети, но при сопоставимом числе наблюдений в блоках различных размеров, *погрешности вычисления* среднеблочных оценок могут быть *примерно одинаковыми*, в то время как разведанность блоков будет резко различаться.

Понятия разведанность и точность подсчета запасов могли бы рассматриваться как взаимозависимые только при условии последовательной детализации разведочных данных в блоке установленного размера, когда с уменьшением расстояний между смежными

точками наблюдений их количество в блоке закономерно возрастает. В практике разведки это условие обычно не выполняется. При детализации разведочных данных подсчетные блоки категории  $C_1$  разделяются на более мелкие блоки категории  $B$ , а те в свою очередь на еще более мелкие блоки категории  $A$ . Поэтому связи между числом наблюдений и густотой разведочной сети не возникает.

Таким образом, при *оценке достоверности* результатов геологоразведочных работ необходимо различать степень разведанности запасов и точность их подсчета в заданных объемах недр (Каждан, 1977).

*Степень разведанности запасов* характеризуется детальностью выявления условий залегания, форм и строения полезного ископаемого, условий пространственного размещения в недрах. Количественно она может быть оценена *погрешностями геометризации* разведанных скоплений полезного ископаемого в недрах для заданной сети наблюдений.

*Точность подсчета запасов* может быть охарактеризована *погрешностями оценок их качества и количества* в оконтуренных объемах недр.

Из определения сформулированных понятий вытекает вывод, что при переводе запасов из более низких категорий в более высокие повышается не столько точность ранее подсчитанных запасов, сколько выявляются детали их пространственного размещения в пределах более мелких участков и блоков месторождения. Таким образом, точность подсчета запасов оценивается для категорий  $A$ ,  $B$  и  $C_1$  примерно одной и той же погрешностью. Но в зависимости от степени детальности наблюдений эта погрешность относится к разным по величине объемам недр.

На невозможность оценки степени изученности в виде цифровых показателей обращает внимание И. Д. Коган (Коган, 1974). Сказанное он мотивирует тем, что при подсчете запасов невозможно обеспечить заранее заданную величину погрешности для отдельных категорий, так как достоверность всех исходных данных остается практически неизменной для разных категорий запасов. Категория запасов может быть понижена в силу иных причин. Например, при низком выходе керна, незавершенности технологических исследований, при ошибках геологической интерпретации.

Специального рассмотрения заслуживают классификации запасов твердых полезных ископаемых, применяемые в основных горнодобывающих странах (Австралии, США, Великобритании, Канаде и др.). Сопоставление отечественной квалификации с зарубежными, описание признаков их сходства и различия необходимо при обосновании инвестиционной привлекательности выставляемых на конкурс отечественных месторождений, а также решения ряда иных вопросов.

Обычно в зарубежных классификациях используются не более трех категорий ресурсов (resources): измеренные (measured), исчисленные (indicated) и предполагаемые (inferred), а для оценки изученности запасов – даже двух: доказанные (proved) и вероятные (probable).

Несколько иной является классификация МАГАТЭ, используемая для отражения сырьевой обеспеченности атомной отрасли. Все учитываемые количества сырья квалифицируются как ресурсы (resources). Для характеристики их изученности (достоверности) используются две категории: достоверно установленные (Reasonably

Assured Resources – RAR) и дополнительные (Inferred Resources). Сумма оценок по этим категориям рассматривается как установленные ресурсы (Identified). Для оценок ресурсов, связанных с ещё не открытыми месторождениями (Indiscovered), используются категории прогнозные (Prognosticated) и умозрительные, рискованные (Speculative).

Разное целевое назначение российских и зарубежных классификаций затрудняет их однозначное сопоставление. Точного сопоставления между отдельными категориями не может быть в принципе. В то же время при задействовании классификации МАГАТЭ условно можно считать, что категория RAR примерно соответствует категории  $C_1$ , Inferred –  $C_2$ , Prognosticated –  $P_1$ , а Speculative –  $P_2+P_3$ .

В 90-х годах ООН был разработан специальный документ, получивший название «рамочный» (frame word) классификатор ООН. Подготовленная основа классификации представляет универсальную трехмерную матрицу, являющуюся ключом-дешифратором. Она позволяет осуществлять переход от одной классификационной системы к другой (рис. 3). В представленной классификации запасы и ресурсы оцениваются с трех позиций:

- геологическая изученность, определяемая стадией выполнения работ – детальная разведка (разведка), предварительная разведка (оценка), поиски, рекогносцировочные геологические наблюдения;
- экономико-технологическая изученность, определяемая стадией технико-экономической оценки (ТЭО постоянных и временных кондиций, оценка по аналогии и т. д.);
- экономичность освоения запасов, определяемая как достаточная или низкая рентабельность.

Каждая из ячеек матрицы имеет цифровую кодировку. В системе этих координат запасы, отвечающие той или иной степени изученности, выделяются как трехмерные тела. Например, запасы, выявленные на стадии разведки ( $A+B+C_1$  по отечественной классификации) и имеющие положительную экономическую оценку на уровне ТЭО постоянных кондиций, получают кодировку 1.1.1.

С 90-х годов XX века в промышленных странах разработан еще один путь согласованного подхода к оценке запасов, определяемый сводами правил («кодексами отчетности»). Одним из таких кодексов, принятых в 2006 г, в ЮАР, Канаде и США, является CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards). Согласно стандарту CRIRSCO эксперты в заключениях должны руководствоваться определенной схемой классификации ресурсов (рис. 4). Стрелками на схеме показаны возможные переходы ресурсов в запасы при осуществлении экономической оценки объекта и обратно (например, при снижении цен), а также вероятные (probable) через измеренные, подсчитанные (measured) в доказанных (proven) при доразведке. Ресурсы предполагаемые (inferred) экономического значения не имеют.

Системы стандартов (CRIRSCO, YORK и др.) успешно задействованы за рубежом. Однако при попытках трансформировать оценки ресурсов в таксоны отечественной классификации следует иметь в виду, что строго формальные соотношения здесь невозможны.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ

Обоснование оптимального комплекса технических средств – кардинальный вопрос разведки месторождений. На выбор технических средств разведки оказывают

влияние геологические, горнотехнические и географо-экономические факторы. Их совокупным влиянием определяется пространственная ориентировка разведочных разрезов, расположение разведочных пересечений, техника проходки разведочных выработок (Каждан, 1977, 1985).

*Геологические факторы* отражают условия формирования, состав и строение полезных ископаемых, закономерности их локализации в геологических структурах, уровень эрозионного среза месторождений. Определяющее значение при этом имеют: характер связи полезных ископаемых с элементами геологического строения; условия залегания и морфология скоплений полезных ископаемых, их размеры; строение и состав залежей полезных ископаемых.

При анализе влияния *горнотехнических факторов* на выбор технических средств разведки должны быть учтены: предполагаемые способы вскрытия и разработки месторождения; гидрогеологические условия, горнотехнические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород.

*Геолого-экономические факторы* также могут оказывать влияние. В зависимости от уровня экономической освоенности, климата, ландшафтных особенностей рельефа, энергообеспеченности территории, наличия трудовых ресурсов, дорог и т. д. приходится решать вопросы рационального соотношения горноразведочных, буровых работ и геофизических исследований.

Технические средства геологоразведочных работ различаются по своим возможностям, информативности, стоимости (Шевелев, 2004, Петруха, 2003). Они включают: горные разведочные выработки, буровые скважины, геофизические исследования.

*А. Горные выработки* подразделяются на поверхностные и подземные. К поверхностным относятся канавы и траншеи (магистральные и прослеживающие), мелкие шурфы и дудки, расчистки; к подземным – глубокие шурфы, штольни и шахты с комплексом развиваемых из них горизонтальных выработок (квершлагги, штреки, орты, рассечки), а также наклонных и вертикальных (восстающие, гезенки).

*Поверхностные горные выработки* используются для вскрытия полезного ископаемого и вмещающих пород в коренном залегании, изучения зоны окисления рудных тел. Проведение этих выработок не требует больших затрат и поэтому широко используется на ранних стадиях изучения месторождений. Ведущее значение имеет проходка *канав*. Обычно их проходят на глубину 2-3 м, реже до 6 м уступами с высотой не более 2 м. При малом объеме работ и их рассредоточенности проходка канав осуществляется вручную. В стадию разведки канавы проходят с применением буровзрывных работ (рыхление, на выброс) и экскаваторами, бульдозерами, канавокопателями, скреперными установками. Те же геологические задачи (вскрытие рудных тел, их документация, опробование) решает проходка *траншей*. От канав они отличаются большим поперечным сечением и глубиной проходки (до 5 м). Используются современные технические средства – бульдозеры, скреперы, роторные установки. При изучении месторождений, представленных жильными зонами (в том числе, камнесамоцветного сырья) и для отбора технологических проб, возможна проходка *разведочных карьеров* (Петруха, 2003). Форма карьеров в плане, их размеры и глубина

определяются целевым заданием. Используются карьеры для разведки полезных ископаемых, выходящих на дневную поверхность или находящихся на небольшой глубине. Глубина карьеров может достигать 50 м, а объем – десятков кубических метров. При проходке применяют разные технические средства.

Для прослеживания и оконтуривания залежей по простиранию при мощности рыхлых отложений более 5 м, а также вскрытия предполагаемых под наносами новых тел полезных ископаемых, предусматривается проходка разведочных *шурфов*. Они подразделяются на мелкие (до 10 м) и глубокие (до 40 м). Площадь сечения шурфов 1,25; 1,5; 2,0; 4,0 м<sup>2</sup>. Глубокие шурфы проходят для изучения условий залегания рудных тел, отбора проб монолитов. При необходимости из шурфов проходят рассечки сечением 1,8, 2,7 или 3,6 м<sup>2</sup>. Многие годы шурфы служили основным техническим средством при разведке россыпей и других приповерхностных месторождений. Неглубокие шурфы круглого сечения называются *дудками*. Шурфы, проходимые в неустойчивых и рыхлых породах, крепят, а глубиной более 10 м вентилируют.

Механизированная проходка шурфов осуществляется с использованием специализированных технических средств, предназначенных только для бурения (КШК-30А, УБСР-25), или комбинированных, используемых для проходки шурфов и скважин (ЛБУ-50, КБУ-15, УКС-22М).

*Подземные горные выработки* по целевому назначению подразделяются на подходные (вскрывающие) и собственно разведочные (Шевелев, 2004). К подходным относятся шахты, подходные штольни и квершлаг; к основным – штреки, орты, рассечки и восстающие.

Стволы *разведочных шахт* используются как вскрывающие выработки при разведке месторождений. Сечение разведочных стволов колеблется от 6 до 12 м<sup>2</sup>, а глубина – до нескольких сотен метров. *Разведочные штольни* служат горизонтальными вскрывающими выработками при разведке месторождений, залегающих в условиях пересеченного рельефа. Поперечное сечение штолен колеблется в пределах от 6 до 9 м<sup>2</sup>. *Квершлаг* также является горизонтальной вскрывающей подземной выработкой и проходится из ствола шахты. Разведочным квершлаг является только в той части, где выработка пересекает залежь полезного ископаемого. *Разведочные штреки* представляют горизонтальные горные выработки, пройденные по простиранию залежей. Их целью является прослеживание по простиранию строения рудных тел, сплошности оруденения. Штрек может быть пройден по полезному ископаемому (*рудный штрек*) или по вмещающим породам (*полевой штрек*). Если тела полезных ископаемых обладают значительной мощностью, то от полевого или рудного штрека через определенные интервалы проходят *орты* (рассечки) или *скважины* с выходом во вмещающие породы для вскрытия продуктивных зон на полную мощность. Эти выработки выполняют роль разведочных пересечений. *Разведочные гезенки* проходят из квершлагов вверх или вниз, пересекая пологопадающие тела полезного ископаемого по их мощности. *Разведочные восстающие* проходят из штреков по восстанию залежей полезного ископаемого. Проходят восстающие с целью прослеживания залежей полезного ископаемого между основными горизонтами горных работ. При этом появляется возможность изучения

сплошности оруденения по восстанию, изменчивости мощности и качества минерального сырья по вертикали.

Площади поперечного сечения в проходке квершлагов и штреков колеблется в пределах 3,6-5,8 м<sup>2</sup>, ортов – 2,7-3,6 м<sup>2</sup>, восстающих и гезенков – до 4 м<sup>2</sup>.

При проходке разведочных выработок используются разнообразные технические средства, осуществляющие буровзрывные, погрузочные, откаточные, подъемные и иные виды работ.

Применение горных работ в качестве технического средства рекомендуется осуществлять с учетом следующих требований (Петруха, 2003):

- при заложении дорогостоящих горных выработок необходимо учитывать геологические особенности объекта (условия залегания, размеры, форма залежей), полученные во многих случаях путем разведочного бурения;
- преобладающая часть горных выработок должна приходиться на вскрытое полезное ископаемое с целью его изучения и опробования;
- горные выработки следует проходить с учетом их дальнейшего использования при эксплуатации месторождения; например: использования разведочных шахт в ранге вентиляционных.

Горные выработки позволяют детально изучить изменчивость параметров оцениваемых объектов (по форме, качеству сырья, сплошности оруденения и т. д.), учет которых крайне необходим при разведке месторождений 3-й и 4-й групп по сложности геологического строения. Примеры размещения горных выработок при вскрытии и разведке тел полезных ископаемых отражены на рисунках, приведенных в учебных пособиях (Петруха, 2003; Шевелев, 2004).

Б. *Буровые разведочные скважины* – наиболее широко применяемые технические средства разведки. Для большинства полезных ископаемых они являются главным и даже единственным техническим средством. Следует учитывать, что скважины дают менее полные сведения об оцениваемом полезном ископаемом, но буровые работы нашли широкое применение благодаря мобильности, скорости проходки скважин, относительной легкости оборудования, меньшим расходом средств на метр проходки (Шевелев, 2004). При всех очевидных преимуществах буровые скважины имеют и недостатки: они вскрывают небольшие участки недр; дают менее точные сведения о составе и строении полезного ископаемого по сравнению с горными выработками; повторное контрольное опробование и отбор проб разного назначения ограничен из-за малого количества получаемого каменного материала; при бурении скважин наблюдается их искривление, что усложняет геометризацию разведанных объемов недр; при бурении по рудоносным интервалам возникают осложнения и отмечается недостаточный выход каменного материала с ненарушенной структурой. Но буровые скважины незаменимы при разведке глубоко залегающих месторождений. Месторождения 1-ой и 2-ой групп по сложности геологического строения в основном разведываются только бурением.

При разведке месторождений твердых полезных ископаемых скважины бурятся с поверхности и из подземных горных выработок. Для поверхностного бурения используются неглубокие ударно-вращательные, вибрационные скважины и более глубокие ударно-канатные, пневмоударные и гидроударные. При оценке глубоких

горизонтов задействуют бурение колонковых скважин и бескерновых скважин вращательного бурения. Из подземных горных выработок бурятся колонковые, шарошечные и перфораторные скважины.

Приповерхностные скважины глубиной до нескольких десятков метров используются для геологического изучения рудовмещающих структур, прослеживания, опробования и оконтуривания приповерхностных участков месторождений (Шевелев, 2004). Возможно использование разного типа буровых установок: УПБ-25 и УБР-2, БУУ-2, УКБ 12/25, БУ-20-2УШ и др.

Колонковое бурение глубиной от десятков метров до 150-200 м осуществляется агрегатами, смонтированными на автомашинах (УКБ-2, БСК, КГК-100 и др.). Более глубокие скважины бурятся агрегатами УКБ-3, УКБ-4, УКБ-5 и станками ЗИФ-650, СБА-500, СБА-800, ЗИФ-1200 и др. В последнее время в практике геологоразведочных работ нашли применение станки, разработанные зарубежными фирмами. Наиболее широко применяются буровые установки компаний Boart Longyear, Atlas Copco, Sandvik, SCHRAMM и их аналогов, произведенных, как правило, в КНР. Известные в нашей стране установки алмазного бурения серии Boart Longyear включают станки LM30, LM45, LM55, LM75. Размещенные на них манипуляторы позволяют ориентировать направление бурения скважины в любую заданную сторону.

Создание новой техники направленного бурения позволило проводить разведку по более рациональным схемам при проходке многоствольных скважин и за счет этого – многократного увеличения массы опробуемого рудного материала (без бурения дополнительных скважин). При этом дополнительные стволы могут располагаться как в одной вертикальной плоскости, искривления в одну сторону, так и задаваться в разных азимутальных направлениях (рис. 5).

Скважины подземного бурения могут являться частью разведочной системы или решать частные задачи, возникающие при геологическом изучении месторождения (прослеживание локальных рудоконтролирующих структур, апофиз, поисков смещенных частей рудных тел и т. д.). Бурение колонковых горизонтальных, наклонных и вертикальных скважин до 100 м осуществляется станками БСК-2М-100, а бескерновое – станками НКР-100. Неглубокие подземные скважины могут буриться с помощью колонковых или телескопных перфораторов без отбора керна глубиной 15-20 м.

**В. Геофизические исследования играют большую роль в изучении земных недр**, в том числе, на стадии разведки месторождений. Несмотря на то, что непосредственной геологической информации эти исследования не дают, геофизика как метод во многих случаях позволяет сократить количество необходимых разведочных пересечений, получить дополнительную ценную информацию. При обосновании и своевременном проведении комплекса геофизических исследований появляется возможность пересмотра рекомендуемых методик и технических средств разведки. Последние могут меняться в зависимости от конкретной геологической обстановки и разрешающей способности геофизических средств разведки (Шевелев, 2003).

Как основные технические средства, геофизические методы могут применяться для исследования недр в промежутке между разведочными сечениями и при задействовании операций геофизического опробования.



Комплекс геофизических методов для решения основных задач разведки выбирается на основе учета совокупности факторов, определяющих возможную эффективность раздельного и совместного их применения. К таким факторам относятся (Комплексная ..., 1990):

- степень дифференциации пород и руд по физическим свойствам, определяющая возможность использования данных каротажа для петрографической характеристики объектов;
- размеры, форма, элементы залегания, число рудных тел, текстурно-структурные особенности руд и их вещественный состав;
- присутствие в разрезе пород, близких по физическим свойствам к рудным образованиям;
- методика ведения горных и буровых работ, техническое состояние скважин.

При обосновании методики разведочных работ в рациональный комплекс необходимо включать минимальное и достаточное число геофизических методов, обеспечивающих получение достоверной информации с наименьшими затратами труда и времени. При задействовании нескольких методов следует предусмотреть последовательную их реализацию, скорректированную в зависимости от результатов каждого предыдущего метода.

Представления о возможностях геофизических методах формируются на основе *физико-геологической модели (ФГМ) объекта*. ФГМ включает геологическую модель, сведения о физических свойствах структурных элементов геологической модели, ожидаемые геофизические поля и аномалии на площади или по отдельным профилям (Сапожников, 2012).

В комплекс *наземных геофизических работ* при разведке месторождений входит широкий перечень методов: электроразведки, магниторазведки, радиометрии и др. Геофизические съемки в масштабе 1:2000-1:1000 позволяют более надежно оконтурить площади развития рудной минерализации, поля измененных околорудных пород, проследить выходы рудных тел, установить элементы их залегания, определить мощность рыхлых отложений и границу коры выветривания. Рассмотрим лишь ведущие из перечисленных методов.

*Электроразведка* включает группу методов, основанных на изучении естественных или искусственно возбужденных в земной коре электромагнитных полей. Электромагнитное поле зависит от свойств горных пород (удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости, поляризуемости, электрохимической активности). Это позволяет по изменению параметров поля изучать геологическое строение площади и выявлять залежи полезных ископаемых. Используются следующие основные группы методов.

*Электропрофилирование (ЭП)* является одним из самых распространенных методов электроразведки и применяется для изучения крутопадающих слоистых толщ при некоторой постоянной глубинности изучения разреза по профилю (Сапожников, 2012). Геологическими предпосылками для применения метода является присутствие в рудах сульфидов, минералов железа и других, обуславливающих их низкое электросопротивление по сравнению с вмещающими породами. Распространенным является вариант ЭП, получивший название срединный градиент (СГ). В этом варианте

токовые электроды разносятся на большое расстояние (1-3 км) и остаются неподвижными в процессе измерения удельного электрического сопротивления  $\rho_k$  при перемещении приемной установки  $MN$  постоянного тока и постоянного размера между электродами  $AB$ . В горизонтальной однородной среде градиент электрического поля ( $\Delta U/MN$ ) практически постоянен и на его фоне заметны проявления неоднородности разреза в виде локальных тел, крутопадающих пластов с аномальными электрическими свойствами (например, зон окварцевания).

*Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)* – метод электроразведки, применяемый для изучения изменения удельного сопротивления по глубине для некоторой вертикальной трассы. Основан метод на постепенном увеличении размеров установки  $AB$  с общей центральной точкой (точкой зондирования), при котором увеличивается глубина проникновения тока и, соответственно, глубинность исследований. Метод ВЭЗ используется для изучения пространственного положения, морфологии и элементов залегания рудных тел в вертикальном разрезе. Широко задействуют его при геоморфологических исследованиях, для определения позиции и состава кор выветривания, мощности и строения рыхлого покрова, при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях.

*Метод вызванной поляризации (ВП)* основан на изучении электрохимических процессов, возникающих на границе пород с ионной проводимостью (электронных проводников) и окружающей их жидкостью (электролитом) под воздействием пропускаемого тока. После выключения тока некоторое время в цепи возникает вторичная ЭДС – гальванический источник тока, создающий нестандартное поле вторичной поляризуемости. Метод ВП широко используется при разведке месторождений сульфидных, магнетитовых, редкометалльных и иных руд, при оценке ореолов с рассеянной рудной минерализацией.

*Метод естественного поля (ЕП)* основан на изучении естественных электрических полей, обусловленных разными электрохимическими процессами, самопроизвольно протекающими в земной коре. Метод эффективен при разведке рудных тел близповерхностного залегания, являющихся электронными проводниками. Используется при разведке сульфидных, магнетитовых, марганцевых и графитовых месторождений.

*Метод переходных процессов (МПП)* основан на изучении низкочастотного электромагнитного поля. В МПП изучается неустановившееся поле вихревых токов, возникающих в породах и рудах при ступенеобразном изменении тока в контуре, который может быть расположен как на наземной поверхности, так и в воздухе (Горбунова, 1982).

*Магниторазведка* основана на изучении пространственных изменений геомагнитного поля, возникающих вследствие неодинаковой намагниченности горных пород и руд. Магнитное поле измеряют с помощью магнитометров, предназначенных для измерения полного вектора напряженности  $T$  и его вертикальной составляющей. Обычно выполняют относительные измерения, находя приращения значений поля между двумя пунктами наблюдений. Интерпретация магнитных аномалий начинается с анализа карт изолиний магнитного поля, по которым судят о морфологии, размерах и природе возмущающих объектов (Сапожников, 2012). Количественную интерпретацию аномалий осуществляют, используя графики по профилям, проходящим крест простираения

геологических объектов. Магнитные съемки с высокой детальностью и точностью 1-2 нТл включаются в разведочный комплекс для решения широкого круга вопросов. В том числе: расчленения пород по литологическому составу; выявления локальных структурных элементов (даек, жил, жерловых построек и т. д.); обоснования зональности размещения разных типов метасоматических пород; выявления магнитных руд черных металлов и слабомагнитных – цветных, благородных, редкометалльных; изучения рудных тел в морфоструктурах месторождения; изучения инженерно-геологических условий и т. д.

*Гравитационная разведка* основана на изучении пространственного распределения плотности в земной коре с помощью измерения силы тяжести  $\sigma$  (в г/см<sup>3</sup>). При интерпретации полей силы тяжести используется характеристика избыточной плотности  $\Delta\sigma$ , представляющая разность плотностей отдельного геологического тела  $\sigma_T$  и вмещающих пород  $\sigma_{\text{вм}}$ . Она может быть положительной или отрицательной. Единицей измерения силы тяжести является Галл (см/с<sup>2</sup>). Но обычно пользуются более мелкой единицей – миллигалом (1 мГал = 10<sup>-3</sup> Гала). В разведочной геофизике относительные измерения гравитационного поля  $g$  выполняются с помощью гравиметров. Прибор позволяет измерять приращение  $g$  от точки к точке, т. е.  $\Delta g$ . На этой основе вычисляются аномальные поля  $\Delta g$ , по которым судят о неоднородностях по плотности в земной коре.

Гравиразведка применяется при структурно-геологическом изучении земной коры, разведке разных полезных ископаемых. Наиболее эффективно гравиметровой съемкой выявляются залежи железорудных и хромитовых месторождений, интенсивность аномалий силы тяжести над которыми может достигать 0,4-0,5 мГал. При увеличении детальности съемки возможно обнаружение рудных тел сульфидных месторождений размером 0,1-0,2 км<sup>2</sup>, с интенсивностью аномалий 0,2-0,5 мГал (Шевелев, 2004).

*Радиометрические методы* основаны на изучении радиоактивности руд и горных пород с целью решения поисково-картировочных и разведочных задач, опробования. Наибольшее применение получила *гамма-съемка*, дающая положительные результаты для обнаружения радиоактивных руд и расчленения горных пород. Съемка проводится в аэро-, пешеходном, автомобильном вариантах. Радиоактивность выражается через мощность дозы излучения за единицу времени в А/кг (в системе СИ) или в микрорентгенах в час (1 мкР/час = 10<sup>-12</sup> А/кг). Изменения выполняют с использованием спектрометрической аппаратуры, позволяющей выделять урановую и калиевую составляющую радиоактивного поля.

Повышенной радиоактивностью обладают породы, в которых в рассеянном состоянии находятся элементы урана, тория. Также повышенная радиоактивность свойственна породам, содержащим изотоп Калий-40. Он присутствует в кварц-серицитовых сланцах, нередко несущих золоторудную минерализацию, полевошпатовых породах, калийных солях.

*Геофизические исследования скважин* (ГИС) – это отрасль разведочной геофизики, отличающаяся от других методов только по методике исследований. Основные положения теории физических полей, измеряемых в скважинах, остаются теми же, что и в полевой геофизике (Сковородников, 2009, 2016). Роль и значение ГИС постоянно возрастает. В перспективе ГИС открывает путь к бескерновому изучению скважин. В настоящее время в

скважинах регистрируется большое количество разных параметров (около 40). При этом стоимость ГИС составляет незначительную часть от общей стоимости сооружения и оборудования скважины.

В ГИС выделяют три больших раздела: каротаж, операции в скважинах и скважинную геофизику.

*Каротаж* – это геофизические методы изучения геологического строения разрезов скважин. В каротаже исследуются очень небольшие объемы горных пород, прилегающие к стенкам скважины. Отличительная особенность каротажа – высокая детальность и точность исследований. Результаты фиксируются в виде непрерывных диаграмм по стволу скважины или в виде числовых значений с шагом порядка 10-20 см. Каротаж позволяет выполнять литологическое расчленение разрезов скважин, выделять в них интервалы полезного ископаемого, определять физические свойства горных пород и полезных ископаемых *in situ*. Именно на основании данных каротажа производится интерпретация полевых геофизических методов: электроразведки – по данным об удельном электрическом сопротивлении (УЭС) пород; магниторазведки – по значениям магнитной восприимчивости пород; гравиразведки – по их плотности. Каротаж дает сведения, необходимые для подсчета запасов месторождения – данные о мощности залежей, содержанию полезного компонента и т. д. Изучение скважин подразделяется по природе изучаемых полей на методы электрического, радиоактивного каротажа и прочие методы (Сковородников, 2009, 2016).

Методы электрического каротажа включают:

- а) Группу методов кажущегося сопротивления (КС). В эту группу входят: метод КС – наиболее распространенный; резистометрия – метод определения удельного сопротивления жидкости; метод БКЗ (боковых каротажных зондирований) – скважинный аналог метода ВЭЗ; БК – боковой каротаж и др.
- б) Методы токового каротажа: метод скользящих контактов (МСК) – при исследовании рудных скважин; метод бокового токового каротажа (БТК) – для исследования углеразведочных скважин.
- в) Группа электромагнитных методов: ИК – индукционный каротаж, использующий поля низких частот; ВМП – высокочастотный волновой метод проводимости и др.
- г) Группа методов электрохимической активности: ПС – метод потенциалов самопроизвольной поляризации (аналог метода естественного поля); метод электродных потенциалов (МЭП). Методы ПС и ПК стали применяться совместно, получив название стандартного электрического каротажа.

Методы радиоактивного каротажа (РК) включают: ГК – гамма каротаж – регистрация естественного гамма-излучения горных пород; ГГК – гамма-гамма каротаж, имеющий две разновидности – плотностной (ПГГК) и селективный (СГГК); РРК – рентгенорадиометрический каротаж; НГК – нейтронный гамма-каротаж и другие методы.

*Скважинная геофизика* – это геофизические методы изучения геологического строения межскважинного, околоскважинного и призабойного пространства. В отличие от каротажа, скважинная геофизика отличается большими объемами исследуемых горных пород. Это позволяет увеличить действующую зону влияния скважин, пройденных по

разряженной сети, обеспечить получение дополнительной геологической информации о межскважинном пространстве.

Методы скважинной и полевой геофизики подразделяются по природе исследуемых физических полей. Широкое использование в практике разведочных работ получили методы скважинной разведки. Выделены методы, основанные на использовании тока разной природы.

На постоянном токе: метод ЕП-С (естественного поля, скважинный вариант), МЗТ – метод заряженного тела, МЭК – метод электрической корреляции разрезов, ЧИМ – метод частичного извлечения металла.

На переменном токе: метод радиоволнового просвечивания, ДЭМПС – дипольного электромагнитного профилирования скважин, ННП-С – наземной незаземленной петли, скважинный вариант.

На импульсном токе: СП-С – метод вызванной поляризации, скважинный вариант; МПП-С – метод переходных процессов, скважинный вариант.

Задачи геофизических исследований в *горных выработках* во многом близки к тем, что уже были сформулированы выше. В том числе: корреляция рудных подсечений; оконтуривание и оценка размеров рудных тел; поиски пропущенных при разведке рудных тел в межвыработанном, межскважинном и околоскважинном пространстве; оценка положения выработок относительно рудных тел; внедрение в практику геофизического опробования.

Геофизическое опробование дополняет геологическое и во многих случаях его заменяет. Оно осуществляется в скважинах и шурфах, на стенках горных выработок. Также опробуется отбитая рудная масса в вагонетках и на транспортерах. Особенности геометрии среды измерений и условий их проведения отражаются в специфичности аппаратуры, в конструкции датчиков.

При измерении в горных выработках основными методами электроразведки являются (Рудничная..., 1986): метод ПС, электропрофилирование, метод электрической корреляции (МЭК), методы грави- и магниторазведки. С их помощью решаются горнотехнические задачи: определяется плотность горных пород и руд, выявляются подземные полости и зоны обрушения, форма карстовых полостей, коэффициенты фильтрации подземных вод и другие вопросы геологического обеспечения добычных работ.

## СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Метод локальных геологических наблюдений реализуется в разведке посредством *разведочной сети* (РС). Разведочная сеть – это методическое обоснование разведки месторождений полезных ископаемых. Она непосредственно влияет на получаемую разведочную информацию об оцениваемом объекте. От влияния собранной при разведке информации позднее невозможно избавиться никакой последующей обработкой данных (включая математическое и иное моделирование). Обоснование рациональной РС, отвечающей геологическим особенностям оцениваемого объекта, является кардинальным вопросом разведки месторождений.

Обоснование РС опирается на ряд понятий.

Любая разведочная выработка, пересекающая природное скопление полезного ископаемого, представляет искусственное обнажение и в случае выполнения определенных условий может рассматриваться как *единичное разведочное пересечение*. Совокупность разведочных пересечений, расположенных в одной плоскости, образует *разведочное сечение*, а совокупность разведочных сечений в пространстве – *разведочную систему*. Таким образом, *под разведочной системой понимается совокупность разведочных сечений (разрезов), определенным образом ориентированных в пространстве по отношению к рудному телу, позволяющих решать стоящие перед разведкой задачи* (Каждан, 1977; Рудничная..., 1986; Шевелев, 2004). Прослеживание объектов разведки в заданном направлении осуществляется с помощью разведочных пересечений, в заданной плоскости – с помощью разведочных сечений (разрезов), в заданном объеме – с помощью разведочных систем.

Разведочное пересечение должно удовлетворять ряду требований. Главные из них (Шевелев, 2004):

а) должно быть ориентировано в направлении близком к направлению максимальной изменчивости важнейших свойств полезных ископаемых в недрах (чаще – по линии мощности);

б) вскрывать залежи полезных ископаемых на полную мощность с выходом во вмещающие породы.

Разведочное пересечение может быть выполнено с применением разных технических средств: скважин, шурфов, подземных горных выработок и др. Их выбор зависит от задач разведки, природных особенностей объекта, технико-экономических соображений. Чем сложнее строение полезного ископаемого, тем в большей степени должно быть вскрыто тело оцениваемой залежи. Оптимальным при этом является использование разведочных горных выработок.

Разведочное пересечение должно быть сплошным, что обеспечивает полную информацию по изучаемому направлению. Вычисленные по нему средние значения свойств наиболее близки к действительным. Они расходятся только на величину технических погрешностей экспериментальных наблюдений.

*Разведочные сечения (разрезы)* могут быть поперечными, продольными или косыми по отношению к телам полезных ископаемых, а также горизонтальными или вертикальными. Разведочные пересечения в пределах разрезов могут располагаться параллельно под разными углами или пересекая друг друга. Если сведения о строении и свойствах полезного ископаемого накапливаются по линиям на основе данных разведочных пересечений, то площади (объемы) между смежными разведочными разрезами остаются неосвещенными. Чтобы иметь сведения о свойствах полезного ископаемого в пределах этих площадей, необходимо располагать характеристикой изменчивости залежи и геологической информацией, которая может быть получена только по принципу аналогии.

Несколько иной смысл вкладывал в понятие разведочной системы основоположник учения о поисках и разведке МПИ В. М. Крейтер (1961). В основе предложенной им систематики предлагалось брать необходимый комплекс технических средств разведки. Под системой разведки он понимал «такое пространственное размещение разведочных

средств, которое дает возможность построить намеченные разрезы и произвести необходимое опробование для подсчета промышленных запасов полезного ископаемого». Все разведочные системы В. М. Крейтер объединил в три группы, взяв за основу технические средства разведки: группы буровых, горных и горно-буровых систем. Позднее в развитие представлений о разведочных системах уже иными авторами были положены такие базовые понятия как характер изменчивости свойств полезных ископаемых, особенность анизотропии в строении залежей, возможности их изучения на основе комплекса технических средств. Так, А. Б. Каждан (1984) предложил классификацию разведочных систем, разделив их на три класса: системы вертикальных, горизонтальных и продольных разрезов, а также входящих в них ряда групп и видов (табл. ).

## РАЗВЕДОЧНАЯ СЕТЬ, ЕЁ ТИПЫ, ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

### Типы разведочных сетей

Обоснованность запланированной в проекте разведочной системы раскрывает выбранная разведочная сеть. Под *разведочной сетью* (РЗС) следует понимать взаиморасположение в объекте разведки локальных наблюдений и измерений разведочных параметров (Шевелев, 2004). Практика показала, что при одной и той же разведочной системе могут быть реализованы разные РЗС и, наоборот, разными разведочными системами могут быть созданы одинаковые разведочные сети.

Разведочную сеть характеризуют ряд показателей.

*Анизотропия* РЗС – это различие в размещении наблюдений и замеров по разным направлениям пространства. Анизотропия проявляется в форме и ориентировке ее ячеек. Если форма ячеек изометричная (квадратная, треугольная), то сеть изотропна. Если ячейка сети обладает удлиненной формой (прямоугольной, ромбической) с одинаковой ориентировкой, то сеть анизотропна.

Геометрия сети может быть разной. Выделяют правильные, неправильные и линейные сети.

*Правильные сети* – расположение разведочных пересечений подчиняется строгому геометрическому порядку (квадратная, прямоугольная, ромбическая).

*Неправильные сети* – отсутствует общая геометрическая упорядоченность в расположении разведочных пересечений.

В *линейных сетях* – разведочные пересечения располагаются в плоскости разведочных сечений и образуют отдельные линии на плоскости проекции; они могут быть параллельными или пересекающимися.

РЗС формирует представление об объекте разведки, соответствие которого в действительности можно проверить только в процессе отработки месторождения. Поэтому следует стремиться к обоснованию и реализации на практике «оптимальной» разведочной сети. По мнению В. В. Шевелева (2004) для этого необходимо выполнение ряда условий.

*Первое:* при ограниченных ассигнованиях на разведку оптимальная РЗС должна быть обеспечена лимитированным количеством разведочных пересечений, позволяющим выполнить разведку с наибольшей точностью и детальностью.

*Второе* (дополняющее первое): требования по точности и детальности разведки (категоризации запасов) следует реализовать наименьшим количеством разведочных пересечений.

*Третье*: у разведочной сети должна быть «оптимальная геометрия», отвечающая структурно-морфологическим особенностям объекта.

На примере четырех ведущих морфологических типов полезных ископаемых ниже рассмотрены условия выбора разведочных сетей (Волков, 2006).

1. Горизонтальные пластовые, пластообразные и линзообразные залежи, имеющие в плане изометричную или близкую к ней форму. Элементы анизотропии свойств не выражены. К этой группе следует отнести месторождения осадочного генезиса и кор выветривания: часть месторождений железных руд, марганца, никеля, бокситов, углей, фосфоритов. Если залежь должна быть изучена с одинаковой точностью по всей площади, то для достижения этой цели наиболее эффективна *квадратная сеть* разведочных пересечений (рис. 20). Она дает возможность получить серии взаимно пересекающихся разрезов. Подобная сеть позволяет на отдельных участках более сложного строения дальнейшее развитие РЗС путем проходки детализационных профилей (рис. 21).

При разведке рассматриваемого типа залежей возможны и другие варианты сетей, отвечающих тем же условиям равномерности расположения точек наблюдений. К ним можно отнести *треугольную сеть*, позволяющую построить равноточные разрезы по трем направлениям. При одинаковом расстоянии между точками пересечения у треугольной сети есть преимущество – расстояние до центра ячейки оказывается меньшим (рис. 22). Но треугольная сеть в практике разведок почти не используется (возможности ее дальнейшего развития отсутствуют).

2. Горизонтальные пластовые и пластообразные залежи, обладающие заметно выраженной в плане протяженностью в одном направлении – более распространенный в природе класс залежей по сравнению с предыдущим, шире охватывающий те же типы осадочных и экзогенных месторождений. Наличие у тел длины и ширины определяет анизотропию их строения. Поперек вытянутости залежей изменчивость выше, вдоль тел – меньше. Условию получения равномерной изученности залежей в данном случае наиболее соответствует *прямоугольная сеть*, стороны которой ориентированы по направлению длины и ширины тела. Короткая сторона ячейки располагается по ширине, а длинная – вдоль вытянутости объекта (рис. 23). Прямоугольная сеть обладает возможностями ее развития – сгущение на отдельных участках, проходка детализационных профилей.

Примером рассматриваемой группы залежей служат сильно вытянутые извилистые в плане тела лентообразной формы с резко выраженной анизотропией свойств (рис. 24). Геометрически правильная прямоугольная сеть при этом нарушается, и она становится близкой к сети следующего типа.

3. Наклонные залежи с отчетливо выраженными элементами залегания являются наиболее распространенным типом объектов разведки. Их морфология соответствует пластам, пластообразным залежам. Залежи такого типа обладают анизотропией морфологии, условий залегания и внутреннего строения. Разведочная сеть подчинена этим признакам. Применяется система параллельных вертикальных сечений (при



выдержанном простирании) или непараллельных (при изменчивом простирании), располагающихся на одинаковом расстоянии друг от друга (рис. 25). Способы развития сети точек наблюдений близки к описанным выше. Например, детализация имеющихся профилей, проходка промежуточных линий и выработок.

4. Для крутопадающих залежей, имеющих облик штоков, характерны сложные виды анизотропии (состава, свойств). В этом случае используется комбинированный способ разведки с применением горных выработок и буровых скважин. В одном из вариантов разведки крутопадающее рудное тело пересекается горными выработками по нескольким горизонтальным сечениям. В каждом сечении проходятся поперечные горные выработки и горизонтальные скважины с целью оконтуривания и изучения залежи (рис. 26).

В учебном пособии (Рудничная..., 1986) приведена более лаконичная систематика разведочных сетей. Выделены две системы разведки – по сетке и параллельным сечениям.

В системе разведки по сетке задействованы правильные разведочные сети – квадратная, прямоугольная, ромбическая. Эти РС применяются для крупных по размерам, простых по морфологии и внутреннему строению рудных тел, залегающих горизонтально или слабо наклонно – пластов, пластообразных тел, штокверков, плащеобразных залежей (рис. 27).

В системе разведки по параллельным сечениям следует выделять: а) горизонтальные сечения для крутопадающих тел сложной формы и строения (трубообразных, линейных оруденелых зон); б) вертикальные сечения для любых по форме тел с переменными углами падения, сложным внутренним строением и глубокозалегающим. Иногда системы горизонтальных и вертикальных сечений могут применяться на одной и той же залежи. Здесь верхняя часть разведывается горизонтальными сечениями (горными выработками в комбинации с подземными скважинами), а глубокие горизонты – скважинами с поверхности и подземным бурением, создающими вертикальные сечения.

Принципиальная схема разведки рудных тел линзообразной формы с использованием горноразведочных работ и буровых скважин отражена на рисунке 28.

Плотность разведочной сети, её обоснование

Обсуждение вопроса о плотности разведочной сети имеет высокую актуальность. С одной стороны, этот вопрос касается детальности изучения объекта, а с другой – связан с затратами средств и времени. Выбор плотности сети ориентируется на изучение *наиболее изменчивых параметров залежей*. В одних случаях для надежной оценки объема и условий залегания полезных ископаемых используются характеристики изменчивости формы залежей; в других – для оценки качества минерального сырья результаты исследования изменчивости линейных запасов или содержаний.

Разведочная сеть создается в плоскости залежей. Плотность (густота) разведочной сети определяется площадью, приходящей на одно разведочное пересечение. Плотность разведочной сети ( $R$ ) есть безразмерный показатель – отношение объёма залежи ( $Q$ ) к объёму разведочной ячейки ( $q$ ), т. е.  $R=Q/q$ . Однако в практике разведки практически всегда используют параметры, характеризующие расстояние между разведочными пересечениями, как в плоскости разведочных сечений, так и между ними.

Плотность разведочной сети зависит от размеров скоплений полезных ископаемых, сложности их геологического строения, целей разведочных работ, размеров оцениваемых (подсчетных) блоков. Чем гуще РЗС, чем меньше размер ее ячейки, тем большей разрешающей способностью она обладает и тем более глубокий уровень в строении оцениваемых объектов она вскрывает. По мере сгущения РЗС у наблюдаемой изменчивости разведочных параметров меняется соотношение между ее случайной и закономерной составляющими в сторону увеличения последней. Суммарная изменчивость остается постоянной, что выражается в постоянстве величины ее дисперсии при разной густоте РЗС (Шевелев, 2004).

Мерой, определяющей степень сгущения разведочной сети, служит выявляемая доля координированной изменчивости свойств залежей полезных ископаемых. Только при ее наличии правомерна геометризация параметров залежей. Составляющая неслучайной (координированной) изменчивости может быть выявлена и оценена горно-геометрическими и математическими методами.

В практике геологоразведочных работ при оптимизации РЗС задействуют следующие методы (способы):

- аналогии;
  - разрежения (сгущения) разведочной сети;
  - сравнения данных разведки с данными эксплуатации;
  - геометро-статистический;
  - совокупность математических методов
- и ряд других способов.

*Способ аналогии* применяется в соответствии с принципом аналогии. Первоначально разведочная сеть принимается по аналогии с другими близкими по геологическому строению объектами. Месторождения должны относиться к одному геолого-промышленному типу. В данном случае задействуется *межобъектная аналогия*. Наибольшее значение способ приобретает на стадии оценочных работ в связи с недостатком сведений о геологическом строении оцениваемого объекта.

Способ базируется на отнесении разведываемого объекта к определенной группе сложности строения и выборе плотности РЗС на основе обобщения данных разведки многочисленных месторождений, приведенных в «Методических указаниях по применению классификации запасов...», МПР РФ, 2007. Накопленный опыт указывает на определенную условность отнесения объектов к той или иной группе. Индивидуальность объектов является основной причиной ошибок при использовании метода. Чем необычней по строению, составу оцениваемые недра, тем ниже оказывается возможность использования способа аналогии.

В пределах месторождения возможно применение *внутриобъектной аналогии* – использование апробированных разведочных сетей на участках выборочной детализации или в пределах отработанных частей залежей. Способ аналогии является наиболее используемым. Однако в рекомендациях ГКЗ подчеркивается, что он является приближенным и обязательно требует заверки соответствующими экспериментами и расчетами.

*Способ разрежения* относится к категории экспериментальных. Основан на предположении, что достигнутая на объекте густота сети наблюдений заведомо обеспечивает требуемую точность результатов, что чаще не является бесспорным. Способ сводится к последовательному разрежению исходной разведочной сети в 2, 3, 4 и т. д. раз. По разреженной РС определяются средние параметры разведочного участка, сосредоточенные в них запасы, строятся геологические разрезы. Затем производится их сравнение с «истинными» характеристиками, полученными на основе всех разведочных данных по исходной сети. Обнаруживаемые различия рассматриваются как погрешности, к которым приводит конкретное разрежение сети. Задавая допустимый уровень погрешности, можно установить минимальную густоту сети, при которой во всех вариантах пространственного расположения точек наблюдений погрешности оценки параметра не превысят допустимого значения. Изменение наблюдаемого облика залежи полезного ископаемого при последовательном разрежении сети точек наблюдений отражено на рисунке 29. В тоже время следует отметить, что способ разрежения, как метод сравнения, следует применять в качестве общетеоретического исследования, а не оперативного средства для оценки сети разведываемого объекта (Шевелев, 2004).

*Способ сгущения разведочной сети* – экспериментальный способ, имеющий конкретную прикладную направленность. Он применяется в тех случаях, когда имеющаяся сеть точек наблюдений признана недостаточно густой или необходим контроль правильности представлений о геологической модели объекта. При последовательном сгущении сети следует постоянно анализировать изменение представлений о морфологии рудных тел, условиях их залегания и иных геологоразведочных параметров. Одним из показателей достаточности РЗС является однозначная увязка геологических элементов и рудных тел на планах и разрезах.

Следует учитывать, что при каждом сгущении сети имеется только один вариант пространственного положения начального пункта сети. Для этого варианта определяется среднее значение исследуемого параметра и вероятная погрешность его оценки. Достаточной признается такая густота сети, которая обеспечивает погрешности ниже допустимой, а увязка данных по соседним разведочным выработкам становится однозначной.

*Способ сравнения данных разведки с данными эксплуатации* заключается в сравнении разведочной модели недр с наиболее достоверной, основанной на наиболее детальном изучении недр в процессе эксплуатационных работ. Различие, которое при этом фиксируется, рассматривается как показатель, оценивающий правильность и точность разведки (Комплексная ГЭО..., 1990; Сборник нормативно-методических документов..., 1998, Шевелев, 2004). Данные разведки и отработки сопоставляются в контурах запасов, ранее прошедших экспертизу в ГКЗ РФ, с учетом отработки запасов за пределами этих контуров

Сравнению подлежат запасы полезного ископаемого и их компонентов, все подсчетные параметры (мощность тел полезных ископаемых, содержание полезных и вредных компонентов, объемная масса, площадь тела полезного ископаемого, коэффициент рудоносности и т. д.).

При сопоставлении должны анализироваться не только параметры и общие цифры запасов, но и выявленные изменения в представлениях об особенностях геологического строения месторождения; анализируется их влияние на количество и качество запасов полезного ископаемого. Должны вскрываться причины расхождений сопоставляемых данных разведки и отработки. Должна быть доказана достоверность данных эксплуатационной разведки, эксплуатационного опробования очистных выработок, геолого-маркшейдерского и фабричного учета, достоверность учета потерь и разубоживания (рис. 2, 30, 31).

Необходимо отметить, что результаты эксплуатации месторождения нельзя рассматривать как безошибочные. При разработке месторождения не всегда полностью учитываются потери и разубоживание минерального сырья, а это искажает представление о морфологии и качестве тел полезных ископаемых. Подготовительные и очистные работы часто не проводятся в тектонически сложных зонах, на участках размыва залежей, их расщепления или выклинивания, что снижает достоверность собранных сведений. Поэтому на практике применение способа чаще ведется путем сравнения не с данными добычи, а с результатами эксплуатационного опробования.

В результате сопоставления данных разведки и разработки даются рекомендации, направленные на повышение достоверности исходных разведочных данных, методики разведки, оконтуривания и подсчета запасов.

*Геометро-статистический способ* имеет достаточно надежный и относительно простой математический аппарат, широкий диапазон применения. Возможности использования метода для решения комплекса горно-геологических задач рассмотрены ранее (см. раздел 11.3). Здесь приведена методика решения лишь одной задачи – определения рациональной плотности разведочной сети.

Для решения прикладных геологоразведочных задач обычно используют данные эксплуатационной разведки. Подбор данных проводится на профилях, ориентированных по простиранию и падению рудных тел. Размеры между точками наблюдений соответствуют расстояниям между точками отбора проб в горных выработках или скважинах. Длина профилей соответствует параметрам рудных тел по исследуемым направлениям. Обработка материалов заключается в построении одномерных графиков изменчивости геологических параметров в системе координат: содержание полезного компонента (мощность залежи) – расстояние. Затем проводится выравнивание (сглаживание) исходных данных, оценка урванного строения, частотных и амплитудных характеристик изучаемых полей (геохимических, морфометрических).

Для обоснования плотности и геометрии разведочной сети применяется *способ геометрической автокорреляции*, соответствующий геометро-статистической модели (Рудничная..., 1986; Петруха, 2003). Способ позволяет вычислять значение радиуса геометрической автокорреляции ( $R_q$ , м) после выравнивания исходных данных по формуле:  $R_q=L(1+2K_q)^{-1}$ , где  $L$  – длина участка аппроксимации (исследуемого профиля), м;  $K_q$  – количество экстремальных значений аппроксимирующей поле функции на профиле;  $q$  – структурный уровень. Оптимальный шаг разведки принимается равным среднему значению радиуса геометрической автокорреляции, вычисленному по сечениям рудного тела (по простиранию и падению).

Геометро-статистическая модель используется для установления связи между уровнями частотной изменчивости параметра ( $R_q$ ) и категориями разведанных запасов. Применение модели оправдано при преобладании закономерной составляющей изменчивости признака над случайной составляющей или при их равных соотношениях.

Обоснование оптимальной плотности разведочной сети для медноколчеданных месторождений Урала, выполненное Л. М. Петрухой (1991), позволило установить, что распределение меди, цинка, серы в рудных телах месторождений в основном изометричное. Оценка анизотропии ( $A$ ) изменчивости геологоразведочных параметров, определенной как соотношение значений ( $R_q$ ) по простиранию и падению рудных тел ( $A=R_{q1} / R_{q2}$ ), показала, что среднее значение  $A=1,1$ , т. е. близко к единице. В связи с этим разведочная сеть на медноколчеданных месторождениях должна быть квадратной, а не прямоугольной (как это отражено в Методических рекомендациях ГКЗ).

Обоснование плотности разведочной сети с использованием аппарата стационарной случайной функции и геостатистической модели рассмотрены ранее (см. раздел 11.3).

### Контрольные вопросы к теме 3

1. Принципы разведки. Для чего они разработаны?
2. В чем заключается принцип последовательных приближений?
3. Как реализуется принцип аналогии?
4. В чем заключается принцип максимальной эффективности?
5. На какие этапы и стадии подразделяется процесс геологического изучения недр?
6. На какой стадии геологоразведочных работ рудопоявление переходит в разряд месторождений?
7. Что такое – месторождение оценённое, месторождение разведанное?
8. Какой документ подготавливается по результатам разведки месторождения? Каково его содержание?
9. Какие виды горных выработок применяются при разведке? Охарактеризуйте условия их применения.
10. Перечислите преимущества и недостатки применения при разведке буровых скважин.
11. Какие геофизические методы применяются при изучении поверхности месторождений?
12. Какие задачи при разведке позволяет решать каротаж скважин?
13. Какие данные позволяют получить применение геофизических методов при изучении межскважинного пространства?
14. Что такое система разведки?
15. Типы разведочных сетей.
16. Плотность разведочной сети; какие факторы определяют ее обоснование?
17. В чем сущность способов аналогии и разрежения при обосновании плотности разведочной сети?
18. Как осуществляется сопоставление данных разведки и эксплуатации при обосновании плотности сети наблюдений?

19. Что лежит в основе математических методов обоснования плотности разведочной сети (статистического, геометро-статистического, геостатистического и др.)?

## Тема 4

### Подсчет запасов полезных ископаемых

#### КОНДИЦИИ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям их разработки, обеспечивающим наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения (Методические рекомендации..., 2007; Временное руководство..., 1997). Кондиции – это основной инструмент геолого-экономической оценки месторождений. Они разрабатываются и уточняются в процессе геолого-экономической оценки месторождений по материалам их разведки и эксплуатации на основе специального технико-экономического обоснования (ТЭО).

Для подсчета запасов рудных месторождений, а также отдельных видов нерудного сырья (горно-химического, плавикового шпата, барита, графита, талька, асбеста, слюды), кондиции могут включать следующие параметры:

- бортовое содержание компонента в пробе или условия оконтуривания рудных тел в геологических границах;
- минимальное содержание компонента в краевой выработке;
- минимальное промышленное содержание компонента в подсчетном блоке, запасы которого относятся к балансовым;
- коэффициенты приведения содержания попутных компонентов к основному в комплексных рудах и минимальное их содержание, учитываемое при приведении;
- максимально допустимое содержание вредных примесей в краевой пробе, оконтуривающей выработку и по месторождению;
- минимальная мощность тел полезного ископаемого или минимальный метропроцент (метрограмм);
- максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;
- минимальный коэффициент рудоносности для месторождений с прерывистым и гнездовым распределением полезных компонентов;
- минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к балансовым.

По остальным типам месторождений полезных ископаемых (карбонатные породы, магнезиты, дуниты, цементное сырье и другие) кондиции для подсчета запасов включают:

- требования к качеству полезного ископаемого (или получаемой из него продукции) в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями или обусловленными результатами технологических испытаний;
- условия подсчета запасов по сортам (классам, маркам) конечной продукции;
- минимальную мощность тела полезного ископаемого;
- максимально допустимую мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;
- минимальный выход конечной продукции.

Для каждого месторождения, в зависимости от геологического строения, горно-технических условий разработки и требований промышленности к качеству минерального сырья, учитывают только те их перечисленных параметров, которые необходимы для геолого-экономической оценки его промышленного назначения.

Рассмотрим важнейшие кондиционные показатели.

*Бортовое содержание* – это наименьшее содержание полезных компонентов в пробах, включенных в подсчет запасов, при оконтуривании по мощности тела полезного ископаемого в случае отсутствия четких геологических границ. Оно должно отвечать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. В комплексных месторождениях бортовое содержание выражается суммой содержаний полезных компонентов, имеющих промышленное значение. Эта сумма должна быть приведена к содержанию условного основного компонента, имеющего максимальную извлекаемую стоимость. Примеры оконтуривания месторождений при различных вариантах бортового содержания приведены на рисунках (рис. 32, 33).

Бортовое содержание определяется на основе повариантных подсчетов запасов. В качестве исходного варианта целесообразно применять бортовое содержание месторождения, аналогичного оцениваемому (по типу оруденения, размерам, морфологии рудных тел, вещественному составу руд, условиям разработки). Варианты с более высокими или низкими бортовыми содержаниями следует подбирать таким образом, чтобы разница в запасах руды, подсчитываемых при снижении (повышении) бортовых содержаний, составляла, как правило, не менее 10 % от общих запасов ближайшего варианта. Количество вариантов обычно не превышает 5 и чаще всего ограничивается значением 3. В случаях, когда сведения о бортовом содержании на аналогичном месторождении отсутствуют, первоначальную ориентировочную величину этого параметра в качестве исходного варианта определяют аналитическим путем, исходя из цены полезного компонента, коэффициента сквозного извлечения, разубоживания при добыче, удельных затрат на добычу и переработку. Последние определяются, исходя из укрупненных показателей намеченных систем добычи и переработки полезных ископаемых и предполагаемого масштаба месторождения. Для аналитического выражения бортового содержания применяются следующие формулы:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$C_{\text{борт}} = [(Z_{\text{д}} + Z_{\text{о}}) / (C_{\text{к}} \cdot I_{\text{о}} \cdot (1-p))] \cdot 100 \%,$$

где  $Z_{\text{д}}$  и  $Z_{\text{о}}$  – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.;  $C_{\text{к}}$  – цена 1 т полезного компонента в концентрате без налога на добавленную стоимость (НДС), руб.;  $I_{\text{о}}$  – коэффициент извлечения при обогащении, доли ед.;  $p$  – разубоживание при добыче, доли ед.;

б) при ценах на товарные концентраты ( $C_{\text{к}}$ ) с установленным в них содержанием ( $C_{\text{к}}$ ) полезного компонента:

$$C_{\text{борт}} = [((Z_{\text{д}} + Z_{\text{о}}) \cdot C_{\text{к}}) / (C_{\text{к}} \cdot I_{\text{о}} \cdot (1-p))] \cdot 100 \%.$$

Оконтуривание рудных тел в соответствии с вычисленной величиной бортового содержания и подсчет запасов позволяют установить, какова будет экономическая эффективность разработки месторождения, а также наметить величину прочих вариантов бортового содержания. При этом верхний предел бортового содержания не должен быть



выше минимального промышленного содержания, подсчитанного с учетом налогов, платежей и отчислений; нижний предел бортового содержания не должен быть ниже уровня содержаний, при которых полезный компонент не извлекается в товарную продукцию.

*Минимальное содержание компонента в краевой выработке* устанавливается в тех случаях, когда выявлено закономерное снижение содержаний полезных компонентов в краевых частях рудного тела. Оконтуривание рудных тел в соответствии с минимальным содержанием в краевых выработках должно соответствовать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. Это минимальное содержание определяется вариантным способом.

*Минимальное промышленное содержание* полезного компонента в подсчетном блоке – это содержание, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение всех затрат и получение минимальной установленной прибыли.

Минимальное промышленное содержание без учета налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$C_{\text{мин}} = [(Z_y + K_y \cdot E) / (C_k \cdot I_o \cdot (1-p))] \cdot 100 \%,$$

где  $Z_y$  – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.;  $K_y$  – удельные капитальные вложения в строительство горнопромышленного предприятия, руб.;  $E$  – учетная ставка банка, доли ед.; при отсутствии инфляции принимается 5-6 %;

б) при ценах на товарные концентраты:

$$C_{\text{мин}} = [(Z_y + K_y \cdot E) \cdot C_k] / [(C_k \cdot I_o \cdot (1-p))] \cdot 100 \%.$$

Минимальное промышленное содержание с учетом налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент

$$C_{\text{мин. н}} = [(Z_{\text{ун}} + K_y \cdot E + N_y) / (C_k \cdot I_o \cdot (1-p))] \cdot 100 \%,$$

где  $Z_{\text{ун}}$  – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды с учетом налогов, которые входят в структуру эксплуатационных затрат;  $N_y$  – налоги, платежи, отчисления на прибыль в расчете на 1 т годовой добычи руды;

б) при ценах на товарные концентраты

$$C_{\text{мин. н}} = [(Z_{\text{ун}} + K_y \cdot E + N_y) \cdot C_k / (C_k \cdot I_o \cdot (1-p))] \cdot 100 \%.$$

*Приведенное содержание полезных компонентов комплексных руд* к содержанию условного компонента осуществляется с использованием переводных коэффициентов. Эти коэффициенты определяются исходя из соотношения цен полезных компонентов и коэффициентов извлечения при обогащении руд. Минимальное содержание, учитываемое при приведении к содержанию условного компонента, принимается равным содержанию, при котором минеральное образование не извлекается при принятой технологии обогащения:

$$K_{\text{пр}} = (C_{\text{п}} \cdot I_{\text{п}}) / (C_o \cdot I_o),$$

где  $C_o$  и  $C_{\text{п}}$  – цена 1 т основного и попутного компонента в концентрате, руб.;  $I_o$  и  $I_{\text{п}}$  – соответственно их коэффициенты извлечения, доли ед.

*Максимальные допустимые содержания вредных примесей* у полезных ископаемых, используемых без обогащения, устанавливаются в пробе или в интервале

разведочной выработки в соответствии с требованиями промышленности. Если при отработке месторождения предусматривается усреднение добытого минерального сырья, максимально допустимое содержание вредных примесей может быть установлено для подсчетного блока. При обогащении полезного ископаемого, когда вредные примеси полностью или частично переходят в концентрат и не извлекаются из него в дальнейшем, соответствующие ограничения вводятся для подсчетного блока. В случае, когда для удаления вредных примесей из концентрата требуется дополнительная переработка, их содержание в подсчетном блоке учитывается через величину минимального промышленного содержания полезного компонента.

*Минимальная мощность полезного ископаемого и максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых* устанавливается исходя из принятого способа и системы разработки месторождения. Целесообразность отработки рудных тел меньшей мощности, но с повышенным содержанием полезных компонентов, определяется по *метропроценту (метрограмму)* исходя из установленной минимальной мощности тела полезного ископаемого и бортового содержания.

В случае сложного строения рудных тел, когда рудные интервалы чередуются с безрудными, для уточнения величины максимально допустимой мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд проводится подсчет запасов при разной мощности этих слоев по каждому из оцениваемых вариантов бортового содержания. Оценка влияния прослоев на размеры и форму рудных тел и последующую эффективность добычи и переработки полезного ископаемого позволяет установить оптимальную величину этого параметра кондиций.

*Коэффициент рудоносности* применяется в случае невозможности выделить и оконтурить в процессе геологоразведочных работ отдельные рудные тела. Минимальная величина коэффициента рудоносности устанавливается для подсчетного блока, исходя из минимально приемлемой рентабельности разработки месторождения, при определении которой наряду с общепринятыми затратами учитываются дополнительные, связанные с доразведкой и оконтуриванием рудных тел и их селективной выемкой.

*Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых*, при которых они относятся к балансовым ( $Q_{\text{мин}}$ ), устанавливаются исходя из дополнительных расходов, связанных с их вскрытием и отработкой, по формуле:

$$Q_{\text{мин}} = [K_{\text{д}} \cdot (1-p)] / [(C_{\text{из}} - Z_{\text{ун}} - N_{\text{у}} - K_{\text{д}} \cdot E) \cdot (1-p)],$$

где  $K_{\text{д}}$  – капитальные вложения, необходимые на проходку дополнительных вскрышных выработок, руб.;  $C_{\text{из}}$  – извлекаемая в концентрат ценность полезных компонентов из 1 т руды, руб.;  $p$  – потери при добыче, доли ед.

#### ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАПАСОВ

*Оконтуривание* является одной из самых ответственных операций при подсчете запасов. Оно заключается в ограничении рудных тел или их разведанных участков на площади и в разрезе.

Оконтуривание запасов ведется по промышленным кондициям. Запасы оконтуриваются по трем направлениям: *мощности, простиранию и падению* рудной

залежи. Исходными материалами для оконтуривания служат данные геологической документации и результаты опробования.

Контур может представлять собой: 1) естественные границы рудных тел; 2) линию с бортовым содержанием; 3) линию с нулевым содержанием полезного компонента; 4) линию с минимальной промышленной мощностью рудного тела; 5) линии разных типов и сортов руд; 6) линии, разграничивающие запасы разных категорий; 7) линии участков с разными условиями вскрытия и разработки; 8) линии предельного содержания вредных примесей. Некоторые типы контуров приведены на рисунках 34, 35.

Если тело не имеет естественных природных границ, его оконтуривают чаще всего по бортовому содержанию или по минимальной промышленной мощности.

При оконтуривании запасов различают внутренний и внешний контуры. *Внутренний контур* – линия, соединяющая крайние точки с кондиционным содержанием и мощностью; *внешний контур* – линия, проведенная за пределами этих точек по более низким (некондиционным) показателям. Площадь между внутренним и внешним контурами принято называть *межконтурной полосой* (рис. 36).

Оконтуривание начинается с определения *опорных точек*, через которые затем проводится линия контура. Положение опорных точек устанавливают методами интерполяции и экстраполяции. *Метод интерполяции* заключается в определении мощности или содержания между смежными выработками. *Метод экстраполяции* состоит в определении мощности или содержания за пределами выработок. Различают *ограниченную экстраполяцию*, когда внешняя контурная линия проводится между рудной и безрудной точками, и *неограниченную экстраполяцию*, когда эта линия проводится за пределами контура выработок, где данные о параметрах рудного тела отсутствуют.

Положение опорной точки между двумя пробами определяется с помощью интерполяции, если содержание полезного компонента изменяется закономерно, то есть переход между рудой и вмещающими породами постепенный. При незакономерном изменении содержания промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами с кондиционным и некондиционным содержанием или даже через крайнюю кондиционную пробу. Положение опорной точки при экстраполяции принимается на половине, трети или четверти расстояния между выработками или определяется по естественным формам выклинивания рудных тел.

Для полого залегающих плоских изометричных тел площадь оконтуривается в плане, для крутопадающих плоских тел – на продольных разрезах и вертикальных проекциях. Для крутопадающих тел с выдержанными углами падения оконтуривание площади иногда проводят на проекции, параллельной плоскости падения.

Как во внутренних, так и во внешних контурах, производится блокировка запасов по категориям, типам и сортам руд, условиям залегания, вскрытия, разработки и т. д.

Вначале оконтуривание выполняется по отдельным выработкам, затем по отдельным разведочным сечениям (вертикальным или горизонтальным) и только потом в целом по рудному телу.

*Оконтуривание рудных тел в пределах отдельных разведочных выработок* зависит от их ориентировки относительно рудного тела. В *секущих* выработках при наличии четких геологических контактов с вмещающими породами границы тела определяются по

данным непосредственных наблюдений в забое горных выработок или по керну буровых скважин. При отсутствии четких геологических контактов границы тела полезного ископаемого определяются по результатам опробования и проводятся между породами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента. При этом возможны 2 случая: а) если опробование выполнено сплошной бороздой, контур тела проводится по границе последней пробы, показавшей кондиционное содержание; б) если опробование проводится с интервалом между пробами, то границы промышленной части тела проводят между пробами способом интерполяции.

При незакономерном изменении содержания полезного компонента промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента (рис. 37).

В *прослеживающих* выработках кроме распределения полезного компонента необходимо учитывать и характер выклинивания рудного тела. При резком выклинивании контур проводится по данным непосредственных наблюдений. При постепенном выклинивании учитывается характер изменения содержания и мощности.

Если содержание полезного компонента снижается постепенно, а мощность остается постоянной, то оконтуривание производится по содержанию. Здесь существуют те же два варианта, что и для секущих выработок: при опробовании сплошной бороздой контур проводят через границу последней кондиционной пробы, а при поинтервальном опробовании – методом интерполяции по приведенной выше формуле.

Если наблюдается постепенное уменьшение мощности тела, а содержание остается постоянным, то контур проводится либо по мощности, либо по метропроценту (метрограмму). Граница промышленной части тела определяется по следующим формулам:

$$X=L(M_{\text{мин}}-M_B)/(M_A-M_B),$$

где  $X$  – расстояние от точки  $B$  с некондиционной пробой до контура тела;  $L$  – расстояние между кондиционной ( $A$ ) и некондиционной ( $B$ ) пробами;  $M_A$  и  $M_B$  – мощности тела соответственно в точках  $A$  и  $B$ ;  $M_{\text{мин}}$  – минимальная мощность, установленная условиями;

$$X=L(M\%_{\text{мин}} - M\%_B)/(M\%_A - M\%_B),$$

где  $M\%_{\text{мин}}$  – минимальный метропроцент, установленный условиями;  $M\%_A$  и  $M\%_B$  – значение метропроцента соответственно в точках  $A$  и  $B$ .

Положение контура тела может быть намечено также по данным непосредственных замеров мощности в выработках.

Наконец, при одновременном уменьшении мощности тела и содержания полезного компонента оконтуривание производится по минимальному метропроценту (метрограмму).

Положение контура тела между двумя точками можно определять также графическим способом или специальной палеткой (транспарантом).

Учитывая, что расстояния между пробами обычно небольшие, особенно для руд цветных, редких металлов и золота, нередко поступают проще: проводят контур посередине между кондиционной и некондиционной пробами.

*Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок* производится на планах, разрезах или проекциях. При этом различают 3 случая проведения контура: 1) по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках; 2) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными; 3) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – отсутствием полезного ископаемого.

Проведение контура по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках, выполняется двумя путями. При наличии четких геологических границ рудных тел опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках (рис. 38). При отсутствии четких границ опорные точки определяются в пределах каждой выработки по данным химических анализов описанными выше способами. Оконтуривание состоит в соединении опорных точек.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными, производится в зависимости от характера распределения полезного компонента. При равномерном распределении и постепенном изменении содержания полезного компонента опорные точки определяют рассмотренным выше способом интерполяции с использованием приведенных формул, графически или с помощью палетки. При неравномерном распределении полезного компонента или неравномерном изменении мощности контур обычно проводят через середину расстояния между выработкой с кондиционными и выработкой с некондиционными показателями. На месторождениях с крайне неравномерным распределением полезного компонента контур рудного тела часто проводят через крайние кондиционные выработки.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, а другая фиксирует полное отсутствие тела полезного ископаемого, осуществляется в зависимости от характера выклинивания тела. При резком выклинивании промышленный контур проводят через середину расстояния между выработками, то есть способом ограниченной экстраполяции. Кондиционная мощность тела, вскрытая выработкой, распространяется до середины расстояния между выработками. При закономерном, постепенном выклинивании рудного тела нулевой контур также проводят через середину расстояния между выработками, а положение подсчетного контура определяется способом интерполяции между выработкой с промышленной концентрацией полезного ископаемого и принятым нулевым контуром (рис. 39).

Описанные приемы оконтуривания тел обычно применяются для определения положения контура не только между разведочными выработками (рис. 40), но и между разведочными разрезами (линиями).

*Определение контуров тел полезных ископаемых за пределами разведочных выработок*, или неограниченная экстраполяция, практикуется для запасов низких категорий  $C_1$  и  $C_2$ , подлежащих дальнейшей разведке. При оконтуривании используются разнообразные геологические, морфологические, геофизические, статистические и геометрические приемы.

## ПАРАМЕТРЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Подсчет запасов полезных ископаемых в общем случае осуществляется по следующей схеме:

- 1) определяется объем залежи  $V$  как произведение площади  $S$  на среднюю мощность  $M$ :  $V = S \cdot M$ ;
- 2) определяется запас руды  $Q$  как произведение объема  $V$  на объемную массу  $D$ :  $Q = V \cdot D$ , при этом обязательно учитывается естественная влажность руд;
- 3) определяется запас металла  $P$  как произведение запаса руды  $Q$  на среднее содержание металла  $C$ :  $P = Q \cdot C \cdot 10^{-2}$ , если содержание выражено в %, или  $P = Q \cdot C \cdot 10^{-6}$ , если в г/т.

Для одних полезных ископаемых (многие виды строительных материалов, природный газ, а в западных странах и нефть) подсчет запасов останавливается на вычислении объема. Количество некоторых иных видов сырья (железные руды, хромиты и др.) подсчитываются в виде запасов руды. Для большинства рудных элементов требуется расчет запасов металла.

Из приведенной схемы видно, что основными параметрами, необходимыми для подсчета запасов, являются площадь, средняя мощность, объемная масса руды и среднее содержание в ней полезных компонентов. Кроме того, могут использоваться разные поправочные коэффициенты.

*Площадь* устанавливается в результате оконтуривания рудных тел на планах и проекциях. Простые по конфигурации площади измеряются как геометрические фигуры, сложные – с помощью палетки, планиметра или курвиметра. В современных условиях площадь определяется с помощью компьютерных программ.

При наклонном залегании тела полезного ископаемого необходимо привести полученный замер площади к истинному значению, для чего вводят поправку на угол падения залежи  $\beta$  для замеров на плане по формуле:

$$S_{\text{ист.}} = S_{\text{изм.}} / \cos\beta,$$

для замеров на вертикальной проекции по формуле:

$$S_{\text{ист.}} = S_{\text{изм.}} / \sin\beta.$$

*Мощность* тела полезного ископаемого в пределах контура подсчета запасов определяется по данным горных и буровых работ, а также каротажа скважин. Если рудные тела имеют четкие геологические границы с вмещающими породами, их мощность устанавливается непосредственно с помощью замеров. Если четких геологических контуров нет, мощность рассчитывают по результатам секционного опробования по бортовому или минимальному промышленному содержанию полезного компонента.

В горных выработках мощность определяют замером расстояния от кровли до подошвы залежи при их документации и опробовании. Мощность рудных тел по данным бурения устанавливают прямыми или косвенными способами. Прямой способ – это расчет мощности по керну при колонковом бурении и по данным опробования шлама при ударном бурении, косвенные – по данным каротажа скважин или по наблюдениям в процессе бурения за изменением скорости углубки скважин, за цветом или составом шлама.

Разведочные выработки часто пересекают тело полезного ископаемого не по истинной мощности, а под некоторым углом. При пологом залегании замеряется вертикальная мощность  $M_v$ , при крутом падении – горизонтальная  $M_g$ . По керну или геофизическим данным мощность определяется длиной рудного интервала  $M_{скв}$ . Эти так называемые наблюдаемые мощности отличаются от истинной мощности  $M_{ист}$  и приводятся к ней по геометрическим формулам (рис. 41):

$$M_{ист.} = M_g \cdot \sin\alpha,$$

$$M_{ист.} = M_v \cdot \cos\alpha;$$

$$M_{ист.} = M_{скв.} \cdot \cos(\alpha-\beta) \cdot \cos\gamma,$$

где  $\alpha$  – угол падения залежи,  $\beta$  – зенитный угол наклона скважины в месте пересечения залежи;  $\gamma$  – угол между азимутальным направлением скважины и азимутом падения залежи.

Среднее значение мощности определяется среднеарифметическим или средневзвешенным способом. Метод среднего арифметического применяют при более или менее равномерном распределении пунктов замера мощностей. В этом случае средняя мощность  $M$  определяется по формуле:

$$M = \sum m / n,$$

где  $n$  – количество замеров мощности.

Способ средневзвешенного применяется при резко неравномерном распределении точек замера и установленном направлении закономерностей изменчивости мощности. Средневзвешенная мощность рассчитывается по формуле:

$$M = \sum m \cdot l / \sum l,$$

где  $l$  – расстояние, на которое распространяется влияние значения данного замера мощности.

*Объемная масса руды* должна быть установлена с учетом естественной пористости, трещиноватости и кавернозности полезного ископаемого. Она определяется лабораторным или полевым способами. При применении лабораторного способа объемная масса определяется путем взвешивания образцов, покрытых пленкой парафина, в воздухе и в воде или взвешиванием и определением их объема в мерном сосуде. При полевом способе проходится горная выработка и вся добытая горная масса взвешивается, а пройденное пространство замеряется. Соотношение массы полезного ископаемого и объема даст объемную массу. Считается, что для определения объемной массы этим способом достаточно 10 м<sup>3</sup> полезного ископаемого. Этот способ более точный.

Объемная масса должна определяться для каждого сорта и типа полезного ископаемого, запасы которых учитываются самостоятельно. Количество определений объемной массы должно быть достаточным для надежного обоснования средних величин. Считается, что для однообразных по сложению полезных ископаемых достаточно 10-20, а для более сложных 20-30 определений объемной массы типичного материала для каждого сорта полезного ископаемого.

При этом обязательно учитывается *естественная влажность руды*, которая может достигать у отдельных полезных ископаемых 30-40 % и более. Учет естественной влажности необходим в связи с тем, что анализы проводятся с сухими навесками после просушивания проб при 105-110 °С, а содержание полезных компонентов определяется

для воздушно-сухой массы. Поэтому необходима поправка в содержание на влажность руды по формуле:

$$C_{\text{вл.}} = C_{\text{сух.}} \cdot (100 - B) / 100,$$

где  $C_{\text{вл.}}$  – содержание полезного компонента по влажной руды, % или г/т;  $C_{\text{сух.}}$  – то же в сухой руде;  $B$  – влажность, при которой определена объемная масса, %.

Чаще пересчитывают не содержание на сырую руду, а объемную массу сырой руды  $D_{\text{вл.}}$  на сухую  $D_{\text{сух.}}$  по формуле:

$$D_{\text{сух.}} = D_{\text{вл.}} \cdot (100 - B) / 100.$$

Естественная влажность определяется как отношение потери массы штафа в результате высушивания к массе влажного образца и вычисляется путем сравнения массы проб влажного минерального сырья  $Q_{\text{вл.}}$  с массой тех же проб, просушенных до постоянной массы при 105-110 °С,  $Q_{\text{сух.}}$ , по формуле:

$$B = 100 \cdot (1 - Q_{\text{сух.}} / Q_{\text{вл.}}).$$

Необходимо учитывать, что влажность не является величиной постоянной и изменяется в зависимости от глубины залегания полезного ископаемого, времени года, уровня грунтовых вод и др.

*Среднее содержание* определяется как среднеарифметическое или средневзвешенное по скважине, выработке, горизонту, блоку, участку и месторождению в целом. Чаще всего применяют среднее содержание, взвешенное на длину проб, то есть на их мощность.

*Поправочные коэффициенты* вводятся для уменьшения запасов при прерывистом (дискретном) оруденении, разобщенности рудных тел, наличии безрудных даек, участков пустых пород, валунов и т. п. Коэффициенты для *увеличения запасов* применяются при избирательном выкрашивании рудных компонентов из керна, при намыве ценных компонентов при разработке россыпей. Могут вводиться поправочные коэффициенты на систематические погрешности химанализов, замеров мощностей в скважинах и др.

## МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Существует довольно много разных методов подсчета запасов. Все они основаны на определении объема подсчетных контуров, которые сравниваются с равновеликими геометрическими фигурами. Запасы подсчитываются по простейшим формулам:

$$V = S \cdot m, Q = V \cdot d, P = Q \cdot C / 100,$$

где  $V$  – объем тела полезных ископаемых,  $S$  – площадь тела на проекции,  $m$  – средняя мощность,  $Q$  – запасы руды,  $d$  – объемная масса руды,  $C$  – среднее содержание полезного компонента в %.

Наибольшим распространением пользуются методы геологических и эксплуатационных блоков, разрезов и статистический.

*Метод геологических блоков* является универсальным для подсчета запасов плоских тел. При этом методе выделяют блоки разной величины, отличающиеся по степени разведанности, мощности, содержанию полезных компонентов, типам и сортам руд, технологическим свойствам, гидрогеологическим и горнотехническим условиям (рис. 42).



Частным случаем этого метода является *метод среднего арифметического*, когда все тело рассматривается как один подсчетный блок.

*Метод эксплуатационных блоков* применяется также для подсчета запасов плоских тел, разделенных горными выработками и буровыми скважинами на эксплуатационные блоки. Оконтуривание и подсчет запасов по каждому блоку аналогично методу геологических блоков (рис. 43).

*Метод разрезов* применяют для подсчета запасов изометричных, трудообразных и сложных по форме тел (рис. 44, 45). Разрезы могут быть *вертикальными* или *горизонтальными*. Заключенная между смежными разрезами часть рудного тела рассматривается как призма, если площади смежных сечений близки, или как пирамида, если эти сечения существенно различаются по площади. Объем части рудного тела между двумя разрезами определяется соответственно по формуле для призмы или пирамиды. Объем крайних блоков, каждый из которых опирается на один разрез, определяется по формуле клина. При непараллельных разрезах вносятся соответствующие поправки к подсчету объемов. Среднее содержание определяют вначале для каждого разреза. В блоке, ограниченном двумя разрезами, оно вычисляется как среднеарифметическое или средневзвешенное на площадь сечения.

При крайне дискретном оруденении подсчет запасов проводят *статистическими методами*. Это относится в основном к месторождениям IV группы, когда совмещаются разведка и эксплуатация. По результатам этих работ оценивается средняя продуктивность исследуемого участка и распространяется на менее изученную потенциально рудоносную часть месторождения.

## ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ СОПУТСТВУЮЩИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*К попутным полезным ископаемым* относятся минеральные комплексы (горные породы, руды, подземные воды, рассолы), добыча которых при разработке основного полезного ископаемого экономически целесообразна. *К попутным компонентам* относятся заключенные в полезных ископаемых минералы, металлы и другие химические элементы в их соединениях, которые не имеют определяющего значения для промышленной оценки месторождения, но при переработке полезных ископаемых могут быть рентабельно извлечены и реализованы на внутреннем или международном рынке.

Попутные полезные ископаемые и компоненты в зависимости от форм нахождения, связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми и компонентами и с учетом требований, предъявляемых промышленностью к условиям их разработки (извлечения), разделяются на три группы (Шевелев, 2004). *К первой группе* относятся попутные полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основные рудные тела:

- железные руды на марганцевых месторождениях;
- серный колчедан, барит-полиметаллические руды, золотосодержащие кварциты на медноколчеданных месторождениях;
- свинцовые и медно-свинцовые руды на месторождениях медистых песчаников;
- огнеупорные глины, каолины на месторождениях бокситов и угля и др.

К этой же группе относятся вскрышные породы, по составу и свойствам пригодные для производства строительных материалов или для других целей, а также торф и в некоторых случаях почвенно-растительный слой и породы, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

К жидким попутным полезным ископаемым относятся подземные воды, участвующие в обводнении подземных горных выработок, если они пригодны для водоснабжения, извлечения из них ценных компонентов или бальнеологических целей.

*Ко второй группе* относятся попутные компоненты, образующие собственные минералы, которые при обогащении могут быть выделены в самостоятельные концентраты или промпродукты, а в отдельных случаях накапливающиеся в продуктах обогащения основных компонентов в количестве, допускающем их последующее извлечение на экономически рациональной основе.

В эту группу могут быть объединены:

- титановые, медные и ванадийсодержащие минералы, золото- и кобальтсодержащий пирит, иногда апатит, гатчеттолит, бадделеит в железных рудах;
- сера (пирит и другие сульфиды), минералы свинца, цинка, серебра, самородное золото, кобальтсодержащий пирит в медноколчеданных рудах;
- молибденит в меднопорфировых месторождениях в гранитоидах, ванадийсодержащие минералы, апатит, титаномагнетит – в габброидах;
- минералы кобальта и серебра в медно-никелевых месторождениях;
- минералы меди, висмута, серебра, барит, флюорит в полиметаллических рудах и др.

*К третьей группе* относятся разного рода примеси в минералах основных и попутных компонентов (изоморфные, механические, микровключения собственных минералов и др.), а также органические, металлические или металлоорганические соединения в углях и углистых породах. Преобладающую часть попутных компонентов третьей группы составляют рассеянные элементы, широко распространенных в разных твердых полезных ископаемых при весьма низком содержании. К этой же группе относятся примеси в рудных минералах золота, серебра, платиноидов, тантала, молибдена и др.

При обогащении полезных ископаемых эти компоненты накапливаются в концентратах основных компонентов, а при переработке концентратов или непосредственном использовании полезных ископаемых в металлургическом, химическом, энергетическом и других производствах концентрируются в товарных продуктах или отходах.

К этой же группе относятся попутные компоненты, присутствующие в нефти и газе и выделяемые лишь при их переработке, а также заключенные в подземных минерализованных водах или рассолах. Состав попутных компонентов третьей группы зависит от вида полезного ископаемого и типа руд.

В полиметаллических рудах присутствует сурьма, кадмий, теллур, таллий, галлий, иногда германий.

Медноколчеданные руды обычно содержат селен, кадмий, теллур, реже таллий, индий, иногда кобальт, висмут, галлий и германий. В медистых песчаниках присутствует рений, реже германий, селен и таллий. В медно-никелевых рудах содержатся платиноиды, кобальт, сера, селен, теллур, таллий, галлий, германий.

Для медно-молибденовых руд характерно присутствие рения, селена, теллура, в меньшей степени индия, германия и галлия. Высокими концентрациями рения и низкими селена, теллура, германия и галлия характеризуются молибденовые руды.

Сульфидно-касситеритовым рудам обычно свойственны повышенные концентрации индия, кварц-касситеритовым и вольфрамитовым – скандия, иногда тантала. В кварц-золоторудных месторождениях нередко присутствует теллур, а в золотосульфидных – индий, кадмий, селен, теллур и платина.

Бокситы содержат галлий, ванадий, скандий, алуниты и нефелины – галлий и ванадий. Иногда в алюминиевом сырье в небольшом количестве содержится германий. В месторождениях калийных солей присутствует бром и рубидий, иногда цезий, в некоторых месторождениях каменной соли – литий.

В апатит-нефелиновых рудах содержится титан, галлий, стронций, редкие земли.

Угли и углистые породы могут содержать повышенное содержание германия, урана, галлия, реже – ванадия и рения. В подземных водах наряду с йодом и бромом присутствуют соединения магния, калия, бора, иногда лития, рубидия, цезия, стронция, германия и другие компоненты.

Изучение и геолого-экономическая оценка попутных полезных ископаемых и компонентов производится на всех стадиях геологоразведочных работ и в процессе освоения месторождения.

Запасы попутных полезных ископаемых (компонентов руд) должны подсчитываться способом, отвечающим характеру их залегания в месторождении или распределения в рудах, также учитывающим особенности промышленного использования запасов, которые определяют уровень и показатели их оценки.

При подсчете запасов попутных полезных ископаемых первой группы, образующих самостоятельные рудные и нерудные залежи во вскрыше месторождений, используются способы, применяемые при подсчете запасов аналогичных видов сырья в самостоятельных месторождениях.

Подсчет запасов попутных компонентов второй группы осуществляется в контурах запасов основного полезного ископаемого в соответствии с существующими для них требованиями. Для их изучения и оценки проводятся специальные минералого-геохимические исследования руд и отбираются групповые пробы.

Запасы попутных компонентов третьей группы подсчитываются и учитываются в месторождениях, целесообразность промышленного освоения которых обеспечивается экономикой извлечения основного компонента. При этом подсчет запасов попутных компонентов данной группы выполняется исключительно в пределах контура подсчета балансовых и забалансовых запасов основного компонента.

Комплексное изучение полезных ископаемых должно сопровождаться статистической обработкой результатов опробования на основные и попутные компоненты для обоснования возможности подсчета попутных компонентов корреляционно-регрессионным способом. Статистической обработке должно предшествовать выявление по данным минералогических исследований геохимической связи между отдельными попутными и основными компонентами, выражающейся в

преобладании приуроченности того или иного попутного компонента к минералам одного из основных компонентов.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны содержать:

- для каждого технологического типа полезного ископаемого – перечень попутных компонентов, запасы которых подлежат подсчету как балансовые;
- минимальное содержание попутных компонентов, учитываемые при приведении к условному содержанию основного компонента; переводные коэффициенты;
- минимальные содержания попутных компонентов в подсчетных блоках и отдельных рудных телах (залежах, пластах), если раздельная выемка и переработка полезных ископаемых с целью извлечения этих компонентов технически возможна и экономически целесообразна;
- дополнительные условия подсчета валовых и извлекаемых запасов попутных компонентов: по содержанию в рядовых или групповых пробах, по содержанию в минералах или концентратах, в целом по месторождению, по отдельным рудным телам или в подсчетных блоках.

### ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

Сопоставление данных разведки и эксплуатации показывает, что расхождения в определении контуров рудных тел, подсчетных параметров, количественных и качественных показателей неизбежны. Причины этого в том, что разведка осуществляется по прерывистой сети наблюдений, а за пределами разведочных выработок параметры оруденения определяются путем интерполяции и экстраполяции. С другой стороны, при эксплуатации имеют место потери и разубоживание руд, которые при проектировании эксплуатации учитываются приближенно, что тоже вносит свой вклад в расхождение данных разведки и эксплуатации.

Небольшие отклонения рассматриваются как погрешности подсчета запасов. Если ошибки значительны, то говорят о неподтверждении запасов или качества минерального сырья.

Погрешности, возникающие при подсчете, подразделяются на три основные группы: геологические, технические и методические.

*Геологические погрешности*, или ошибки аналогии, возникают в результате распространения фактических данных, полученных при разведке по отдельным выработкам и скважинам, на соседние участки. Эти погрешности подвержены резким колебаниям, величина их зависит от степени изменчивости параметров оруденения, а также от плотности и равномерности разведочной сети. Геологические погрешности приводят к наиболее крупным ошибкам подсчета запасов, достигающим для категорий А и В до 10-15 %, а в отдельных случаях и выше.

Наиболее типичными геологическими ошибками являются объединение разрозненных мелких рудных тел в крупные, включение в один блок разных по качеству, технологии переработки или условиям залегания руд.

*Технические погрешности* связаны с техникой замеров и определения исходных параметров для подсчета запасов. Эта группа включает точность замеров мощности, химических анализов, определения объемной массы, естественной влажности и т. д.

Технические ошибки могут быть случайными и систематическими. Неизбежные случайные погрешности обычно не оказывают существенного влияния на точность определения запасов, поскольку, обладая переменным знаком, они взаимно компенсируются.

Систематические погрешности значительно более опасны, так как искажают результаты подсчета запасов, регулярно завышая или занижая их. Если имеются данные о систематических погрешностях, то категории запасов должны быть снижены. Систематические погрешности и их величина устанавливаются специальными контрольными методами, которые позволяют определить соответствующие поправочные коэффициенты и откорректировать результаты подсчета. К ним относятся коэффициент рудоносности, поправочный коэффициент к результатам химических анализов, к объемной массе и др. Систематические погрешности считаются недопустимыми и требуют устранения, хотя это не всегда удается.

*Методические погрешности* связаны с применением разных методов подсчета запасов. В целом, применение того или иного метода не оказывает существенного влияния на результаты подсчета. Различия обычно составляют 1-5 %, что находится в пределах точности технических операций подсчета. Снизить методические погрешности до минимума позволяет выбор метода подсчета запасов, который наиболее полно соответствует методике разведки и особенностям геологического строения месторождения, дает возможность учитывать распределение качественных показателей (типов и сортов руд) и в то же время сократить затраты времени и средств на разведку.

Оценка погрешностей подсчета запасов в процессе разведки является довольно сложной операцией. В действующих нормативных документах рекомендуется осуществлять подсчет запасов несколькими методами (Шевелев, 2004; Авдонин 2007).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

В последнее время при подсчете запасов все в большей степени используют компьютерные технологии. В том числе, применяют приемы блочного моделирования, реализуемые на основе геоинформационных систем (Micromine, Surpak, Datamine и др.).

При обосновании методики моделирования необходимо учитывать особенности геологического строения месторождения, степень его изученности и последовательность проведения разведочных работ. Общая схема компьютерного моделирования и подсчета запасов включает:

- импорт базы геологоразведочных данных;
- проверку базы данных, ввод дополнительной информации;
- статистический анализ данных опробования и определение природных (естественных) бортовых содержаний компонентов;
- оконтуривание рудных тел с использованием кондиций и естественного бортового содержания;
- геометризацию месторождения – каркасное моделирование рудных тел, тектонических нарушений и т. д. (рис. 46);
- геостатистический анализ исследуемых компонентов;
- определение параметров интерполяции;

- блочное моделирование (рис.47);
- интерполяцию содержаний в блочную модель, используя альтернативные методы (обычный кригинг, индикаторный кригинг, метод обратных расстояний и др.);
- оценку запасов и их сравнение с более ранними оценками;
- классификацию запасов/ресурсов.

Схема построения блочной модели (БМ) показана на рисунке 48 (Рекомендации..., 2014).

Блочное моделирование основывается на разделении пространства месторождения на элементарные блоки (ячейки), в которых значения свойств объекта (в частности содержания полезного компонента) интерполируются из исходных данных опробования с учетом рассчитанных весовых коэффициентов. Для этого используются разные методы интерполяции, среди которых чаще применяются метод обратных расстояний (детерминистический способ) и кригинг (геостатистический метод).

Наиболее перспективным является *кригинг*, в основе которого лежат геостатистические исследования данных опробования. Геостатистика на сегодня является наиболее мощным инструментом для получения достоверной информации о запасах полезных ископаемых в недрах, оптимального планирования их отработки и проведения геологоразведочных работ. Геостатистический метод решает *две основные задачи*: нахождение наиболее вероятной оценки запасов руды и определение точности этой оценки.

Предварительной стадией геостатистического исследования является статистический анализ: расчет гистограммы распределений значений содержаний компонентов полезных ископаемых по классам, построение графика накопленных частот, подбор законов распределения данных и определение основных статистических параметров. Вид гистограммы позволяет фиксировать явные погрешности в исходных данных геологического опробования. Следующий этап – вариограммный анализ (вариография). Используется экспериментальная вариограмма, которая строится по результатам опробования (выборочным данным) и учитывает все пары проб, удаленных на некоторое расстояние. Вариограммный анализ начинается без учета направления вектора расстояния. Полученная функция отражает такие свойства случайной величины как: стационарность, наличие эффекта самородков, значение порога и зону влияния. Эти характеристики подбираются в интерактивном режиме с помощью моделирования теоретической функцией, аппроксимирующей дискретную экспериментальную вариограмму. Для дальнейшего исследования необходимо изучить характер корреляционных связей между пробами в различных направлениях, для чего следует построить вариограммы по направлениям. Для каждого направления определяется зона влияния (см. раздел «11.3. Математические способы...»). Это необходимый шаг для выявления анизотропии залежи и взаимного влияния значений случайных величин.

Следующей стадией после вариограммного анализа залежи является ее моделирование и оценка запасов. Размеры блоков блочной модели выбираются с таким расчетом, чтобы получить наиболее детальную оценку запасов по всему объему месторождения. Заключительный этап анализа – кригинг (геостатистическая оценка содержаний полезных ископаемых).

**Кригинг.** Предпосылкой развития геостатистических методов послужило расхождение между содержаниями многих металлов в разведочных пробах и в реально извлекаемых объемах руд. Точность оценки зависит от ряда факторов: количества проб и их значений, расположения проб (здесь важна равномерность их размещения), расстояния между пробами и точкой в середине оцениваемого блока, наличие пространственной непрерывности рассматриваемой переменной. Кригинг – метод интерполяции, который учитывает все эти факторы, был придуман южноафриканским горным инженером Д. Криге и потом усовершенствован Ж. Матероном.

В большинстве методов интерполяции сначала задается диаметр поискового круга (или эллипса). Все точки, попавшие в поисковый круг, используются для расчета взвешенного среднего, которое будет приписано середине элементарного блока. Веса, с которыми будут учитываться исходные точки, зависят (в той или иной мере) от расстояния от узла до этой точки. Разные методы интерполяции – это разные способы взвешивания исходных данных в зависимости от расстояния. В кригинге, как методе интерполяции, взвешивание производится сложнее, чем в других методах. Допустим, что в поисковый круг попали несколько проб. Расстояния между пробами и расстояния между серединой оцениваемого блока или его границами используется для снятия вариограммных значений с модельной вариограммы. Затем вариограммные значения заносятся в матрицы системы линейных уравнений; рассчитываются коэффициенты уравнений, которые и являются весами значений компонента в пробах. После рассчитывается оценка элементарного блока модели рудной залежи.

При решении способом, выбранным Ж. Матероном, появляется небольшое по величине число  $\mu$  – множитель Лагранжа. Чем множитель меньше, тем более надежно решена система линейных уравнений.

Кригинговая оценка рассчитывается по формуле:

$$Z_k = \sum_{i=1}^n a_i Z_i,$$

где  $Z_k$  – кригинговая интерполяционная оценка изучаемой переменной;  $Z_i$  – значения переменной в  $n$  точках, попавших в круг поиска;  $a_i$  – веса. Обычно на практике в поисковый круг попадает несколько десятков или также сотен окружающих проб. Соответственно и матричное уравнение расширяется до сотен строк и столбцов. Считается, что кригинг – это интерполяционная процедура, дающая оценки с наименьшей дисперсией.

Другие методы интерполяции основаны на наличии заданной аналитической зависимости между значениями в пространстве, выраженной формулой. Наиболее часто используются линейные интерполяторы. К ним относится *метод обратных расстояний (IDW)*. При его использовании учитываются расстояния ячейки от близлежащих разведочных выработок. Чем дальше находится разведочная выработка от ячейки, тем слабее ее влияние. Значение параметра  $z$  в ячейке находят по формуле средневзвешенного:

$$z = \sum_{i=1}^n (z_i p_i / \sum p_i),$$

где  $z_i$  – значения параметра в разведочных выработках;  $p_i$  – весовые коэффициенты, зависящие от расстояния  $r$  ячейки от разведочных выработок;  $n$  – количество

близлежащих разведочных выработок. Весовые коэффициенты определяют по формуле  $p_i = 1/r_i^2$ . В расчет параметра  $z$  включают разведочные выработки, расположенные не далее некоторого заранее заданного расстояния от ячейки. Если центр ячейки совпадает с какой-либо разведочной выработкой, значение  $z$  принимается таким же, как в разведочной выработке (Поротов, 2004).

В ГКЗ за последние два десятилетия накоплен достаточно большой опыт применения блочного моделирования при подготовке ТЭО и подсчете запасов. Примерами объектов, где блочное моделирование использовалось для решения сформулированных задач, являются золоторудные месторождения (Наталкинское, Тасеевское, Куранах, Дегдекан, Чертово Корыто, Верненское, участок Перевальный, Попутненское, Штурмовское и др.), урановорудные (Орловское, Березовское, Горное), медно-порфиновые (Михеевское, Песчанка, Молмыж, Томинское и др.), редкометалльные (Зашихинское), а также ряд других. Запасы золоторудного месторождения Кючус утверждены ГКЗ по данным блочного моделирования (Рекомендации..., 2014).

Удовлетворительная сопоставимость результатов подсчета запасов для разных вариантов кондиций отмечается для месторождений с зональным типом пространственного размещения оруденения, например, на медно-порфиновых объектах (Песчанка, Томинское, Михеевское, Молмыж). Для корректной геометризации запасов в них может быть применена методика локального анизотропного кригинга (ЛЯК). Она позволяет определить ориентировку осей анизотропии в локальных участках объекта на основе минимизации дисперсии по пробам, попадающим в границы эллипсоида при разных вариантах его положения. Эта процедура наиболее эффективна при достаточно плотной сети наблюдений.

На месторождениях сложного строения с высокой изменчивостью геологоразведочных параметров расхождения в оценке запасов отмечаются наиболее часто. Дополнительными факторами, осложняющими применение блочного моделирования, являются недостаточная плотность сети по отдельным участкам месторождения и высокие значения эффекта самородков. К объектам этого типа можно отнести жильные зоны, штокверки и штокверкоподобные золоторудные месторождения.

Основным приемом, позволяющим добиться удовлетворительной сопоставимости результатов для разных способов подсчета запасов, является построение каркасов, опирающихся на рудные интервалы, выделенных по соответствующим кондиционным показателям. Этот прием требует построения отдельных «жестких» каркасов для каждого варианта бортового содержания, но считается достаточно трудоемким.

Таким образом, информационные технологии являются *техническим*, а геостатистическое и блочное моделирование месторождений твердых полезных ископаемых – *методическим средством* подсчета запасов и технико-экономического обоснования кондиций, удовлетворяющим требованиям международного аудита. Учет их необходим для рационального недропользования в Российской Федерации, а также привлечения иностранных инвестиций.

#### **Контрольные вопросы по теме 4**

1. Содержание и назначение промышленных кондиций



2. Основные кондиционные показатели
3. Применение и определение бортового содержания
4. Применение и определение минимального промышленного содержания
5. Виды контуров запасов полезных ископаемых
6. Последовательность оконтуривания запасов
7. Методические приемы оконтуривания запасов
8. Определение параметров подсчета запасов
9. Характеристика ведущих методов подсчета запасов
10. Особенности подсчета запасов попутных полезных ископаемых

## Тема 5

### Геолого-экономическая оценка месторождений

#### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЭО

Геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождений заключается в определении количества и качества запасов полезного ископаемого в недрах, выявлении условий залегания и добычи, обосновании технико-экономических показателей разработки. ГЭО – важнейшая составная часть геологоразведочного процесса. Она призвана определить промышленную значимость объекта в наиболее эффективном варианте его возможного промышленного освоения.

Основными задачами ГЭО являются (Временное..., 1998):

- определение количества и качества балансовых и забалансовых запасов, а также обоснование кондиций для их подсчета;
- расчет технико-экономических показателей промышленной ценности месторождения;
- обоснование оптимального варианта освоения месторождения;
- расчет размера регулярных платежей за право пользования недрами и др.

ГЭО промышленного значения месторождений производится на всех без исключения стадиях геологоразведочных работ и разработки (см. раздел 5 «Стадийность ГРР»). Однако содержание этого вида исследования во многом зависит от фактического материала, позволяющего дать объективную оценку качества и количества выявленных запасов или прогнозных ресурсов. Только на стадии разведки, в меньшей степени на стадии оценочных работ, могут быть получены достаточно полные сведения о геологическом строении объекта, позволяющие объективно охарактеризовать качество и количество запасов полезного ископаемого, технологические свойства минерального сырья, горнотехнические, гидрогеологические, экологические условия отработки. На стадиях регионального геологического изучения недр и поисковых работ оцениваются лишь прогнозныe ресурсы. Практическая значимость прогнозных ресурсов определяется по результатам их ГЭО, когда устанавливается вероятное промышленное значение прогнозируемых месторождений.

Геологическое обоснование прогнозных ресурсов осуществляется в соответствии с Методическим руководством (Методическое руководство по оценке..., Богданов и др., 1986) и с учетом современных представлений по геолого-промышленным типам месторождений (на основе принципиальных геолого-генетических моделей процессов рудообразования).

#### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЭО

##### *Географо-экономическая характеристика района*

Приводится географическое и административное положение месторождения, его удаленность от ближайшей железнодорожной станции, автомобильных дорог, населенных пунктов и возможного потребителя сырья; природно-климатические условия; освоенность района, население, его занятость, возможные источники энергоснабжения, обеспеченность стройматериалами.

##### *Геологическое строение района*

Приводятся краткие сведения об изученности и геологическом строении района, о закономерностях размещения месторождений всех видов минерального сырья.

#### *Геологическое строение месторождения*

Особенности геологического строения; структурные, литологические и иные факторы, определяющие условия залегания, морфологию рудных тел, вещественный состав руд, распределение основных и попутных компонентов, а также вредных примесей; наличие обогащенных участков и закономерности их размещения; сведения об изменчивости основных параметров рудных тел по простиранию и падению. Наличие промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, подлежащих раздельной добыче и переработке; характеристика их качества. Наличие и закономерности распределения безрудных прослоев, характеристика слагающих их пород.

Для россыпных месторождений – характеристика особенностей формы, размеров и состава продуктивного «пласта», состава и мощности «горфов», строение плотика; содержание ценных компонентов; размер, форма и прочие особенности зерен полезных минералов, пробность золота.

Группа сложности месторождения в соответствии с классификацией запасов и прогнозных ресурсов.

#### *Методика геологоразведочных работ*

Сведения о проведенной топографической съемке, системе координат и привязке разведочных выработок.

Изученность поверхности месторождения – геологическая съемка, геохимические и геофизические исследования, проходка шурфов и канав.

Изученность глубоких горизонтов месторождения – система разведки; плотность разведочной сети; обоснование участка, разведанного по более высокой категории; сводная таблица видов и объемов геологоразведочных работ; объем выработок, участвующих в подсчете запасов.

Глубина, диаметры и конструкция разведочных скважин, способ и технология бурения, результаты замеров зенитных и азимутальных искривлений скважин. Выход керна линейный, по массе или объемный; интервалы с низким выходом керна, избирательное истирание керна, поправочные коэффициенты, выход шлама по массе или объемный при шарошечном или ударном бурении.

Методика и техника геофизических работ – основные результаты, случайные и систематические погрешности геофизических измерений.

Методика опробования буровых скважин и горных выработок, качество опробования, оценка достоверности результатов, наличие систематических погрешностей, поправочные коэффициенты, схема обработки проб. Групповые пробы, методика их составления.

Аналитические работы: объемы, методы проведения основных, контрольных и арбитражных анализов, соответствие их действующим стандартам или другим нормативным документам. Результаты обработки данных контроля, качество анализов, оценка влияния низкого качества анализов на результаты подсчета запасов (определение

мощности, площади рудных тел, содержания и т. п.). Обоснованность предполагаемых поправочных коэффициентов.

Методы и число определений объемной массы для разных типов и сортов полезных ископаемых. Обоснование значений объемной массы, принятых для подсчета запасов.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия. Основные водоносные горизонты, наиболее обводненные участки и зоны, их взаимосвязь с поверхностными водотоками, химический состав и бактериологическое состояние поверхностных и подземных вод; величина ожидаемых, а также максимально возможных водопритоков в горные выработки. Для россыпных месторождений, предназначенных для дражной отработки – возможность устройства плотин с целью подъема воды.

Источники питьевого и технического водоснабжения горного предприятия, оценка дальнейшего использования подземных вод месторождения для целей водоснабжения или извлечения ценных компонентов, а также их очистки при сбросе в поверхностные водотоки.

Инженерно-геологические особенности пород месторождения – состав, трещиноватость, тектоническая нарушенность, способность полезных ископаемых к самовозгоранию, радиационная характеристика полезного ископаемого и вмещающих горных пород, возможность возникновения оползней, селевых потоков и т. д. При наличии многолетней мерзлоты необходимо выявить глубины распространения и температурный режим.

## ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

### *Способ разработки месторождения*

Выбор способа разработки месторождения зависит от глубины и условий залегания тел полезных ископаемых и производится с учетом экономико-географических и горно-технологических факторов. Оценке подлежат следующие варианты освоения месторождения:

- открытый способ,
- подземный,
- открытый и подземный (комбинированный),
- геотехнологический.

Применение открытого способа разработки устанавливается с помощью предельного коэффициента вскрыши ( $K_v^n$ ), вычисляемого по формуле:

$$K_v^n = (C_p - C_o) / C_v,$$

где  $C_p$  – себестоимость добычи 1 т руды при подземном способе разработки, руб.;  $C_o$  – то же при открытых работах без учета затрат на выемку пустых пород;  $C_v$  – себестоимость 1 т вскрыши, руб.

При комбинированном способе границу освоения месторождения открытым способом устанавливают исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого открытым и подземным способами.

### *Система разработки*

Выбор системы разработки и ее основных элементов производится исходя из анализа геологических и горнотехнических условий месторождения.

### *Потери и разубоживание*

Их величину следует устанавливать в значениях, характерных для принятой системы разработки с учетом горно-геологических условий месторождения.

Величина потерь обычно составляет:

- 3-7 % при системах отработки с креплением и закладкой очистного пространства;
- 8-20 % с открытым выработанным пространством и магазинированием руды;
- 15-20 % с массовым обрушением;
- 4-6 % при открытом способе разработки.

Величины разубоживания:

- 5-10 % при системах с магазинированием, креплением и закладкой выработанного пространства;
- 15-20 % при системах с массовым обрушением;
- 5-10 % при открытом способе разработки.

*Производительность предприятия и продолжительность периода разработки* являются важнейшими оценочными показателями, определяющими себестоимость добычи, капитальные вложения в промышленное строительство и сроки строительства предприятия. Устанавливаются в зависимости от запасов месторождения, особенностей геологического строения, горно-технических условий эксплуатации. Если существуют ограничения потребности в данном сырье, особые природоохранные и другие факторы, регламентирующие добычу, то ограничивается и производительность предприятия.

В зависимости от величины эксплуатационных запасов, горно-геологических особенностей месторождения и способа отработки, годовую производительность можно определить, руководствуясь горно-техническими условиями. Порядок ее расчета установлен в нормах технологического проектирования и осуществляется при оценке объекта по результатам разведки в базовых вариантах оконтуривания.

Для расчета годовой производительности по добыче руды при оценке по результатам поисковых и оценочных работ можно использовать метод аналогии или рекомендовать упрощенные методы, отражающие статистическую зависимость между величиной эксплуатационных запасов и средней продолжительностью работы рудника. В этих целях используются табличные материалы, подготовленные ВИЭМС и представленные в методических разработках для практических занятий.

Для расчета эксплуатационных запасов руд ( $Z_3$ ) используется следующая формула:

$$Z_3 = Z \cdot (1 - p) / (1 - p),$$

где  $Z$  – запасы полезного ископаемого в недрах, тыс. т;  $p$  – потери при добыче, доли ед.,  $p$  – разубоживание при добыче, доли ед.

Коэффициент изменения качества руды при добыче ( $P$ ) можно рассчитать, допуская отсутствие полезного компонента в засоряющих породах, по формуле:

$$P = 1 - p.$$

Этот упрощенный метод, предложенный Тэйлором (Хилл, 1999), позволяет рассчитывать годовую производительность как частное от деления эксплуатационных запасов на срок эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что рассчитанная тем или иным способом годовая производительность предприятия является проектной и ее достижение требует

определенного срока. Применительно к оценочным расчетам в условиях рыночных отношений неучет фактора времени достижения проектной производительности приводит к существенному искажению результатов экономической эффективности освоения месторождения независимо от того, проводится ли оценка по результатам поисковых, оценочных или разведочных работ.

Нужно учитывать также опыт рационального обеспечения запасами горнорудных предприятий:

- на 20-25 лет обычно обеспечиваются запасами рудники и карьеры черной металлургии, а крупные горнодобывающие комбинаты – не менее чем на 40 лет;
- на 30-40 лет – крупные горнорудные предприятия алюминиевой, медной, свинцово-цинковой и никелевой промышленности;
- на 20-30 лет – крупные предприятия по добыче вольфрама, молибдена, олова и др.;
- на 15-20 лет – золоторудные предприятия;
- на 5-10 лет – небольшие предприятия, эксплуатирующие богатые месторождения цветных металлов, золота и ценных видов неметаллического сырья, а также россыпные месторождения благородных и редких металлов, горнодобывающие предприятия химической промышленности и промышленности строительных материалов.

При определении фактического коэффициента вскрыши отстраивают схему освоения месторождения открытым способом. Верхний контур карьера откладывают соответственно результирующему углу наклона бортов карьера. Эти углы зависят от крепости пород (по М. М. Протодяконову) и глубины карьера. Рекомендуемые значения также приводятся в специальных таблицах, представленных в методических разработках для практических занятий.

Для выполнения расчетов следует:

- вынести на план контуры верхнего и нижнего оснований карьера, а при необходимости и промежуточного контура (на уровне рыхлых отложений);
- определить объем карьера ( $V_k$ ) по формулам:

$$V_k = [(S_B + S_H) / 2] \cdot H \text{ или } V_k = [(S_B + S_H + \sqrt{S_B \cdot S_H}) / 3] \cdot H,$$

где  $S_B$  и  $S_H$  – площади верхнего и нижнего оснований карьера,  $m^2$ ;  $H$  – глубина карьера,  $m$ . Вторая формула применяется, если  $S_B > S_H$  на 40 %;

- вычислить объемный коэффициент вскрыши ( $K_B$ ):

$$K_B = (V_k - V_p) / V_p,$$

где  $V_k$  – объем карьера,  $m^3$ ;  $V_p$  – объем руды,  $m^3$ ;

- рассчитать (при необходимости) предельный коэффициент вскрыши ( $K_B^п$ ):

$$K_B^п = (Z_п - Z_о) / Z_в,$$

где  $Z_п$  – затраты (себестоимость) на добычу 1 т руды при подземном способе разработки, руб.;  $Z_о$  – то же при открытых работах;  $Z_в$  – затраты на выемку 1 т вскрышных пород при открытом способе, руб.

Если фактически коэффициент вскрыши меньше предельного ( $K_B < K_B^п$ ), то целесообразен открытый способ разработки месторождения; если отмечена обратная зависимость ( $K_B > K_B^п$ ), то подземный.

Расчет годовой производительности горнодобывающего предприятия во многом определяется горнотехническими условиями отработки и зависит, в первую очередь, от

величины эксплуатационных запасов. Таблицы для упрощенного определения годовой производительности также приводятся в методических разработках для лабораторных занятий (Угрюмов, Дворник, 2004; Баранников, Макарова, 2002).

Годовая производительность по руде ( $A_p$ ) может быть также определена по формуле:

$$A_p = 3 / T,$$

где  $T$  – срок существования рудника, лет.

Производительность горнодобывающего предприятия по горной массе ( $A_{ГМ}$ ) определяется по формуле:

$$A_{ГМ} = A_p \cdot (1 + K_B).$$

Для расчета производительности по горной массе также можно воспользоваться эмпирической зависимостью:

$$A_{ГМ} = 42S - 10^5 \cdot S^2,$$

где  $S$  – средняя по глубине горизонтальная площадь проектного карьера.

Расчет годовой производительности по нормам технологического проектирования осуществляется, как правило, в базовых вариантах оконтуривания. В промежуточных вариантах годовую производительность по руде ( $A_p$ ) рассчитывают по формуле:

$$A_p = {}^{a+b}\sqrt{Z_э},$$

где  $Z_э$  – эксплуатационные запасы руды, тыс. т;  $a$ ,  $b$  – числовые коэффициенты, определяемые путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} A_{p1} = {}^{a+b}\sqrt{Z_{э2}} \\ A_{p2} = {}^{a+b}\sqrt{Z_{э1}} \end{cases}$$

В соответствии с принятой системой разработки и выбранной производительностью в горнотехнической части также рассматриваются: условия воздухо- и водоснабжения, вентиляции, откатки и подъема полезного ископаемого при подземной разработке, транспортировки вскрыши в отвал, а полезного ископаемого на фабрику. С учетом этого выбирается основное оборудование, режим работы предприятия, определяются укрупнено объемы работ по электро-, тепло- и водоснабжению.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

*Обоснование технологии переработки минерального сырья.* Базируется на данных изучения его вещественного состава, структурно-текстурных особенностей, физико-механических и других свойств, на результатах технологических испытаний, а также передового опыта переработки (обогащения) аналогичных видов минерального сырья. При наличии на месторождении нескольких технологических типов руд, подлежащих раздельной переработке, технология переработки обосновывается для каждого из них.

*Объемы и виды технологических исследований.* Должны быть достаточны для выбора технологической схемы переработки минерального сырья и обоснования ее основных показателей. К ним относятся качество получаемой товарной продукции, ее выход от исходного минерального сырья, а для рудных месторождений – извлечение основных и попутных компонентов в товарную продукцию в процентах.

В соответствии с выбранной схемой обогащения составляется материальный баланс, согласно которому количество металла, поступившего на обогащение, равно количеству металла, просуммированного по продуктам обогащения. Связь основных показателей обогащения выражается в виде следующей формулы:

$$I_{об} = (B_k \cdot M_k) / M_p,$$

где  $I_{об}$  – извлечение при обогащении, %;  $B_k$  – выход концентрата, %;  $M_k$  и  $M_p$  – содержание металла в концентрате и добытой руде, соответственно, %.

При упрощенных расчетах, когда широко используются технико-экономические показатели предприятий-аналогов, коэффициент извлечения металла в концентрат иногда принимают по аналогии. В этом случае может оказаться необходимым обосновать уже другой показатель – выход концентрата ( $B_k$ ) в тоннах по формуле:

$$B_k = [I_{об} \cdot M_p \cdot (1 - p)] / M_k,$$

где  $p$  – показатель разубоживания, доли ед.

При этом расход руды на получение 1 т концентрата ( $q$ ):

$$q = 1 / B_k.$$

Добытое полезное ископаемое может перерабатываться на вновь построенной на месторождении обогатительной фабрике или на действующих в регионе предприятиях, имеющих свободные мощности или требующих увеличения мощностей по переработке сырья. Выбор местонахождения обогатительной фабрики обосновывается экономическими расчетами.

Производительность обогатительной фабрики по руде в конкретных условиях зависит от масштаба производства снабжающих ее рудников. Как правило, при оценке месторождений она принимается равной годовой производительности предприятия по добыче руды.

При оценке рудных месторождений конечной товарной продукцией обычно является сам металл. Поэтому процесс переработки минерального сырья следует оценивать, включая металлургический передел. Для этого необходимы сведения о технологической схеме переработки концентратов, извлечении полезных компонентов в конечную товарную продукцию, а также перечень выпускаемой конечной товарной продукции по маркам. Эти показатели принимаются по фактическим данным металлургических предприятий, на которых предусматривается переработка концентратов и промпродуктов из руд оцениваемого месторождения.

Сквозное извлечение металла в конечный товарный продукт ( $I$ ) с учетом металлургического передела:

$$I = I_{об} \cdot I_m,$$

где  $I_m$  – извлечение при металлургическом переделе, доли ед.

*Изучение поведения попутных компонентов в процессе переработки.* Изучается содержание попутных компонентов в продуктах обогащения, баланс распределения каждого попутного компонента по минералам и продуктам.

*Определение состава и свойств отходов.* Исследуется состав и свойства отходов, возможность их промышленного использования, целесообразность учета количества отдельных видов отходов или утверждение их запасов.



## ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Изучение и прогнозирование воздействия результатов геологоразведочных работ, а также разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду, является обязательной составной частью ГЭО (Временное..., 1998). Полученные при этом данные должны способствовать ликвидации их негативных последствий, получению исходных данных, необходимых для комплексного промышленного освоения, а также разработке рационального комплекса природоохранных мероприятий, определению их стоимости на разных стадиях изучения и геолого-экономической оценке месторождений. Результаты отмеченных исследований проходят экологическую экспертизу.

Влияние геологоразведочных работ и промышленного освоения месторождений на окружающую среду многоаспектно. Оно может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности плодородных земель и других негативных воздействиях. Характер и степень этого влияния в значительной мере обусловлены способом ведения геологоразведочных работ и отработки месторождения, а также составом добываемых и перерабатываемых полезных ископаемых, технологией их обогащения, металлургического и химического передела, степенью очистки отходящих газов и сточных вод.

Предотвращение или нейтрализация отрицательного воздействия освоения месторождения на природную среду возможны только при наличии максимально полной информации о характере объекта и условиях его эксплуатации. Она должна быть получена в процессе разведочных работ и использована для выработки соответствующих проектных решений и природоохранных мероприятий.

Все эти вопросы, разобранные с той или иной степенью достоверности (в зависимости от собранного материала), находят отражение в разрабатываемых ТЭД и ТЭО.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

В данном разделе приводится обоснование величины инвестиций (капитальных вложений и оборотных средств) в освоение месторождения, а также эксплуатационных затрат, связанных с добычей и обогащением полезного ископаемого. Рассчитываются показатели эффективности освоения месторождений, выбирается оптимальный вариант их освоения.

В практике оценки месторождений полезных ископаемых существует два основных метода определения капитальных затрат и производственных (эксплуатационных) расходов: 1 – прямой расчет и 2 – метод аналогии. *Прямые расчеты* более точны и надежны. Они позволяют учесть все специфические особенности проекта. Однако на ранних стадиях изучения объекта данных для прямого расчета недостаточно, и тогда для предварительной оценки необходимых вложений используется *метод аналогии*, который может применяться в двух модификациях. В первом случае выбирается непосредственный объект-аналог – месторождение того же геолого-промышленного типа, расположенное в том же регионе, близкое по геологическим, горнотехническим и горнотехнологическим условиям. Техничко-экономические показатели объекта-аналога

принимаются за основу для проведения расчетов. Вторая модификация предусматривает оценку необходимых затрат с помощью укрупненных показателей – удельных капиталовложений на разные виды работ. Удельные капвложения – это затраты, отнесенные на единицу объема работ – на 1 т руды, на 1 км строительства дороги, на 1 км проведения ЛЭП и т. д. Удельные показатели определяются отраслевыми институтами – ВИЭМС в Москве, ИГД в Екатеринбурге и др. на основе анализа деятельности профильных предприятий, и позиционируются как соответствующие нормативы.

#### Обоснование инвестиций в освоение месторождений

Инвестиции включают в себя капитальные вложения на фонды промышленного и непромышленного назначения, а также инвестиции в оборотный капитал.

К *фондам промышленного назначения* относятся рудник с комплексом горно-капитальных выработок, зданий, сооружений и оборудования; обогатительная фабрика с объектами хвостового хозяйства и оборотного водоснабжения; участок автомобильных дорог и железнодорожных путей от месторождения до существующих путей сообщения; службы энерго-, водо- и теплоснабжения, канализации и т. д. *Непромышленные фонды* – это объекты социального, жилищного и бытового назначения.

##### 1. Капитальные вложения в строительство рудника.

Определяются в соответствии с намеченным способом разработки, исходя из годовой производительности и капитальных удельных вложений на горно-капитальные работы, оборудование, здания и сооружения в соответствии с глубиной разработки и с учетом территориального поправочного коэффициента. Учитываются также затраты на получение лицензий: права на пользование землей и недрами, на определенные виды деятельности; организационные расходы, включая регистрацию предприятия; затраты по компенсации потерь от изъятия земель и другие расходы, связанные со строительством объектов.

Капитальные вложения в строительство карьера, рудника могут быть определены по формуле:

$$K_p = K_{ур} \cdot A_p,$$

где  $K_{ур}$  – удельные капитальные затраты на 1 т годовой производительности по руде или горной массе, руб.;  $A_p$  – производительность рудника по руде или горной массе, т/год. Удельные показатели принимаются в соответствии с действующими нормативами, приведенными в методических разработках к лабораторным занятиям.

##### 2. Капитальные вложения в строительство обогатительной фабрики.

Определяются с учетом ее производительности и удельных затрат на 1 т производственных мощностей по переработке минерального сырья, а также территориального поправочного коэффициента.

Для определения капитальных вложений в строительство обогатительной фабрики на основе удельных показателей используется формула:

$$K_{ф} = K_{уд} \cdot A_{ф},$$

где  $K_{уд}$  – удельные капвложения на 1 т годовой производительности, руб.;  $A_{ф}$  – годовая производительность фабрики.

3. Капитальные вложения в строительство автомобильных и железных дорог, линий электропередач, водоснабжение и прочее также определяются в соответствии с нормативами удельных капитальных вложений на 1 км сооружений, их протяженностью и поправочными коэффициентами, учитывающими район строительства и рельеф местности.

4. Капитальные вложения на предстоящие геологоразведочные работы учитываются, исходя из запасов месторождения, а также из удельных затрат на разведку 1 т руды запасов категорий  $A+B+C_1$ , и относятся к первому году строительства горнорудного предприятия. Они определяются по данным объектов-аналогов или методом прямого расчета путем составления сметы на проведение геологоразведочных работ.

5. Прочие капитальные вложения в строительство объектов жилищного, коммунального и культурно-бытового назначения определяются исходя из числа трудящихся на горном предприятии и удельных затрат на одного человека при строительстве этих объектов.

6. Общие капитальные затраты ( $K_{общ}$ ) определяются как сумма затрат на строительство рудника (карьера), обогатительной фабрики, затрат на транспорт, строительство линий электропередач, затрат на геологоразведочные работы и прочих.

Прочие капитальные вложения ориентировочно можно принять в размере 10-15 % для малых и средних объектов и 20-25 % для крупных от суммы капитальных затрат на строительство рудника (карьера) и обогатительной фабрики.

#### Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты, связанные с добычей и обогащением полезного ископаемого, состоят из цеховых, общекорбинатских и внепроизводственных расходов. Они определяют себестоимость продукции горно-обогатительного предприятия. Эксплуатационные затраты также устанавливаются прямым расчетом или с использованием показателей существующих предприятий, разрабатывающих аналогичные месторождения в сходных географо-экономических условиях.

##### *1. Цеховые эксплуатационные затраты*

При подземной добыче полезного ископаемого цеховые эксплуатационные затраты определяются с помощью укрупненных нормативных показателей себестоимости добычи руды в зависимости от годовой производительности рудника, глубины разработки, варианта вскрытия и системы добычи.

При открытой добыче цеховые затраты рассчитываются с помощью укрупненных нормативов в зависимости от годовой производительности, типов и размеров основного оборудования, транспортных средств, глубины карьера и коэффициента вскрыши.

Затраты на рекультивацию нарушенных земель, которые входят в цеховые эксплуатационные затраты, определяются исходя из площади нарушенных земель и удельных затрат на рекультивацию 1 га.

Затраты по обогащению полезного ископаемого определяются с помощью укрупненных нормативных показателей цеховой себестоимости в соответствии с намеченной производительностью фабрики, способом обогащения и составом руд.

2. *Общекорбинатские расходы* зависят от цеховой себестоимости добычи, обогащения и составляют обычно 8-10 % от цеховых расходов.

3. *Внепроизводственные расходы* складываются из цеховых погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки концентрата до линии железной дороги общего пользования. Укрупненно они могут быть приняты в размере 3-5 % от цеховой себестоимости.

Затраты по охране окружающей среды зависят от характера производственной деятельности и местных условий, рассчитываются отдельно и включаются в эксплуатационные затраты.

Общая величина эксплуатационных затрат определяется как сумма цеховых, общекорбинатских и внепроизводственных расходов, а также затрат по охране среды.

#### Показатели эффективности освоения месторождения

При оценке эффективности освоения месторождения соизмерение разновременных затрат и показателей осуществляется путем приведения (дисконтирования) их к базисному моменту времени – началу строительства горнодобывающего предприятия. Это реализуется их умножением на коэффициент дисконтирования:

$$K_d = \frac{1}{(1+E)^t},$$

где  $t$  – номер расчетного года, начиная от начала строительства горнодобывающего предприятия;  $E$  – норма дисконтирования, которая принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода или прибыли на капитал (процентная ставка). Эта норма устанавливается на таком уровне, который позволил бы инвестору не только компенсировать риск, но и получить требуемую прибыль. Обычно эта норма при постоянных ценах в горной промышленности колеблется в следующих пределах:

- от 10-12 % при разработке месторождений строительных материалов;
- 15-18 % при разработке месторождений черных и цветных металлов;
- до 20-25 % при разработке месторождений золота.

Кроме того, для учета фактора времени в экономических расчетах применяется коэффициент ежегодной ренты (аннуитета), который определяется по следующей формуле:

$$K_a = \frac{(1+E)^{T_3} - 1}{(1+E)^{T_3} \times E}$$

Коэффициенты дисконтирования и аннуитета, рассчитанные для разных значений  $E$  и  $t$ , приводятся в виде справочных таблиц в методических разработках по практике ГЭО.

Основными показателями экономической эффективности освоения месторождения являются:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- срок окупаемости капитальных вложений ( $T_0$ );
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- рентабельность предприятия по отношению к производственным фондам (Рф);

- рентабельность предприятия по отношению к эксплуатационным затратам (Рэ).

Чистый дисконтированный доход определяется как сумма чистых доходов за весь расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \left[ (\text{Ц}_t - \text{З}_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right] - \sum_{t=1}^T \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right),$$

где  $t = 1, 2, 3 \dots T$  – количество лет от начала строительства до ликвидации предприятия;  $\text{Ц}_t$  – стоимость продукции (выручка) в  $t$ -м году, руб.;  $\text{З}_t$  – эксплуатационные затраты, произведенные в том же году без учета амортизационных отчислений, руб.;  $K_t$  – капитальные вложения (инвестиции) в  $t$ -м году, руб.;  $E$  – норма дисконтирования.

С использованием соответствующего коэффициента дисконтирования формула несколько упрощается:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T [(\text{Ц}_t - \text{З}_t) \cdot K_d] - \sum_{t=1}^T (K_t \cdot K_d).$$

Если ЧДД положителен, освоение месторождения эффективно; при отрицательном ЧДД освоение окажется неэффективным как не отвечающее установленной норме дохода.

На начальных стадиях изучения месторождения не представляется возможным определить величину выручки, эксплуатационных затрат и капитальных вложений по отдельным годам. Поэтому величины выручки и затрат принимаются постоянными за все время разработки, а величину капитальных вложений – постоянной за все время строительства. Средняя величина дохода определяется по формуле:

$$D_r = \text{Ц}_r - \text{З}_r,$$

где  $D_r$  – среднегодовой доход;  $\text{Ц}_r$  – среднегодовая стоимость продукции (выручка) за год;  $\text{З}_r$  – среднегодовые эксплуатационные затраты, включая амортизационные отчисления.

Среднегодовой доход с амортизационными отчислениями ( $D_r^1$ ) будет:

$$D_r^1 = D_r + A_o,$$

где  $A_o$  – амортизационные отчисления.

В этом случае ЧДД определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = D_r^1 \cdot \frac{(1+E)^{T_э} - 1}{(1+E)^{T_э} \times E} - K_r \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \times E},$$

где  $K_r$  – среднегодовая величина капитальных вложений;  $T_э$  – срок эксплуатации месторождения;  $T_c$  – срок строительства предприятия.

Подставляя коэффициенты дисконтирования и аннуитета, формулу можно значительно упростить:

$$\text{ЧДД} = D_r^1 \cdot K_{aэ} \cdot K_{дс} - K_r \cdot K_{ас},$$

где  $K_{aэ}$  – коэффициент аннуитета на срок эксплуатации,  $K_{дс}$  – коэффициент дисконтирования на срок строительства,  $K_{ас}$  – коэффициент аннуитета на срок строительства.

Индекс доходности (ИД) показывает, во сколько раз приведенные доходы превышают приведенные капитальные вложения:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=1}^T \left[ (\text{Ц}_t - \text{З}_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right]}{\sum_{t=1}^T \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right)}$$

Или на начальных этапах изучения месторождения:

$$\text{ИД} = \frac{D_{\Gamma}^1 \cdot \frac{(1+E)^{T_0} - 1}{(1+E)^{T_0} \cdot E} \cdot \frac{1}{(1+E)^{T_c}}}{K_{\Gamma} \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E}}$$

Или с использованием коэффициентов:

$$\text{ИД} = (D_{\Gamma}^1 \cdot K_{\text{аэ}} \cdot K_{\text{дс}}) / (K_{\Gamma} \cdot K_{\text{ас}}).$$

Разработка месторождения эффективна, если индекс доходности больше 1.

*Срок окупаемости капитальных вложений* ( $T_0$ ) – временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы уравнивают приведенные капитальные вложения. Срок окупаемости определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{T_0} \left[ (Ц_t - З_e) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right] = \sum_{t=1}^{T_0} \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right)$$

или на начальных стадиях изучения месторождений

$$T_0 = - \frac{\log \left\{ 1 - \frac{K_{\Gamma}}{D_{\Gamma}^1} [(1+E)^{T_c} - 1] \right\}}{\log(1+E)}.$$

Логарифмирование производится по любому основанию, так что можно применять как натуральные логарифмы, так и десятичные.

Возможно определение  $T_0$  и графическим способом (рис. 49).

*Внутренняя норма доходности* (ВНД) представляет собой ту норму дисконта, при которой величина приведенных доходов уравнивает приведенные капитальные вложения. ВНД определяется из условия (в неявной форме):

$$\sum_{t=1}^T \left[ (Ц_t - З_e) \cdot \frac{1}{(1+\text{ВНД})^t} \right] = \sum_{t=1}^T \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+\text{ВНД})^t} \right)$$

На начальных стадиях изучения месторождения ВНД определяется из условия:

$$D_{\Gamma}^1 \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_0} - 1}{(1+\text{ВНД})^{T_0} \cdot \text{ВНД}} = K_{\Gamma} \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_c} - 1}{(1+\text{ВНД})^{T_c} \cdot \text{ВНД}}$$

Ориентировочная величина ВНД определяется соотношением:  $\text{ВНД} = 75 / T_0, \%$ .

На практике часто применяется простой графический способ определения ВНД. Для этого рассчитывается 3 значения ЧДД при разной величине  $E$  и строится график, на котором в выбранном масштабе по вертикальной оси откладываются ЧДД, а по горизонтальной –  $E$ . По трем точкам проводится прямая, которая пересечет горизонтальную ось в точке, соответствующей значению ВНД (рис. 50).

*Рентабельность разработки месторождения по отношению к основным производственным фондам* ( $P_{\Phi}$ ) вычисляется по формуле:

$$P_{\Phi} = \Pi_{\text{ч}} / \Phi \cdot 100 \%, \text{ или } P_{\Phi} = D_{\Gamma} / K \cdot 100 \%,$$

где  $\Pi_{\text{ч}}$  – среднегодовая прибыль после уплаты налогов;  $\Phi$  – стоимость производственных фондов предприятия (основных и оборотных средств);  $D_{\Gamma}$  – среднегодовой доход;  $K$  – капитальные вложения в освоение месторождения.

*Рентабельность предприятия по отношению к годовым эксплуатационным затратам* ( $P_3$ ) может быть определена по формулам:

$$P_3 = \Pi_{\text{ч}} / З_{\Gamma} \cdot 100 \% \text{ или } P_3 = D_{\Gamma} / З_{\Gamma} \cdot 100 \%,$$

где  $З_{\Gamma}$  – годовые затраты, руб.

С учетом, платежей, налогов и отчислений расчет показателей ГЭО осуществляется в следующем порядке.

Величина годовой прибыли ( $\Pi_r$ ) определяется по формуле:

$$\Pi_r = \Pi_{\Gamma} - (З_r + Н_3),$$

где  $\Pi_{\Gamma}$  – среднегодовая стоимость продукции без налога на добавленную стоимость (выручка);  $З_r$  – среднегодовые эксплуатационные затраты с учетом амортизационных отчислений;  $Н_3$  – величина налогов, платежей, отчислений, учитываемая в структуре эксплуатационных затрат. К ним относятся, в первую очередь, налог на добычу и дорожный налог.

Величина чистой годовой прибыли ( $\Pi_{\text{ч}}$ ) определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi_r - Н_{\text{п}},$$

где  $Н_{\text{п}}$  – величина налогов, платежей, отчислений, изымаемая из прибыли. Основную их часть составляют налоги на прибыль и на имущество.

Величина чистой годовой прибыли с амортизационными отчислениями ( $\Pi^1_{\text{ч}}$ ) определяется по формуле:

$$\Pi^1_{\text{ч}} = \Pi_{\text{ч}} + A_0,$$

где  $A_0$  – амортизационные отчисления, определяемые в соответствии с действующими нормами амортизации.

При расчетах показателей эффективности используется чистая годовая прибыль с амортизационными отчислениями ( $\Pi^1_{\text{ч}}$ ) за исключением расчета рентабельности ( $R_{\phi}$ ,  $R_3$ ), где используется чистая годовая прибыль  $\Pi_{\text{ч}}$ .

Вычисление показателей экономической эффективности освоения месторождения с учетом существующих налогов, платежей и отчислений осуществляется по формулам:

$$\text{ЧДП} = \sum_{t=1}^T \left[ \Pi_t^1 \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right] - \sum_{t=1}^T \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right),$$

$$\text{ИП} = \frac{\sum_{t=1}^T \left[ \Pi_t^1 \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right]}{\sum_{t=1}^T \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right)}$$

$T_0$  определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{T_0} \left[ \Pi_t^1 \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right] = \sum_{t=1}^{T_0} \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right)$$

ВНП определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^T \left[ \Pi_t^1 \cdot \frac{1}{(1+\text{ВНД})^t} \right] = \sum_{t=1}^T \left( K_t \cdot \frac{1}{(1+\text{ВНД})^t} \right)$$

На начальных стадиях изучения используются соответственно следующие формулы:

$$\text{ЧДП} = \Pi_{\text{ч}} \cdot \frac{(1+E)^{T_3} - 1}{(1+E)^{T_3} \cdot E} - K_{\Gamma} \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E} \text{ или}$$

$$\text{ЧДД} = \Pi_{\text{ч}} \cdot K_{\text{аэ}} - K_{\Gamma} \cdot K_{\text{ас}},$$

$$\text{ИП} = \frac{\Pi_{\text{ч}}^1 \cdot \frac{(1+E)^{T_3} - 1}{(1+E)^{T_3} \cdot E} \cdot \frac{1}{(1+E)^{T_c}}}{K_{\Gamma} \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E}}, \text{ или } \text{ИП} = \Pi_{\text{ч}} \cdot K_{\text{аэ}} / K_{\Gamma} \cdot K_{\text{ас}},$$

$$T_0 = - \frac{\log \left\{ 1 - \frac{K_{\Gamma}}{\Pi_{\text{ч}}^1} [(1+E)^{T_c} - 1] \right\}}{\log(1+E)},$$

ВНП определяется из условия:

$$\Pi^1_{\text{ч}} \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_3} - 1}{(1+\text{ВНД})^{T_3} \cdot \text{ВНД}} = K_{\Gamma} \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_c} - 1}{(1+\text{ВНД})^{T_c} \cdot \text{ВНД}},$$

$$P_{\Phi} = \Pi_{ц} / \Phi \cdot 100 \%,$$

$$P_{з} = \Pi_{ц} / Z_{г} \cdot 100 \%.$$

*Денежный поток* при разработке месторождения является дополнительным показателем эффективности освоения. Его составляющими являются приток и отток средств по годам с начала деятельности горного предприятия. Источниками притока средств являются выручка от реализации производственной продукции и реализации остаточных производственных фондов при ликвидации предприятия, сокращение величины оборотных средств. Основными составляющими оттока средств являются эксплуатационные расходы, налоговые выплаты, платежи и отчисления, которые не входят в структуру эксплуатационных затрат, увеличение оборотных средств, отчисления в развитие геологоразведочных работ и т. д. Суммарная разность между притоком и оттоком средств за весь период существования предприятия называется *чистым денежным потоком*. Если величины этого потока приводят к началу разработки месторождения, то суммарная величина этих значения является дисконтированным чистым денежным потоком. При определении денежного потока при разработке месторождения конкретным частным предприятием при оттоке средств, кроме того, учитывается погашение взятого кредита банка на строительство горного предприятия и выплата процентов по этому кредиту.

#### ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Обоснование оптимального варианта освоения месторождения осуществляется на основе сопоставления его технико-экономических показателей при разных значениях бортового содержания, а именно: величины запасов полезных компонентов, размера капитальных вложений, эксплуатационных затрат, чистого дисконтированного дохода и т. д. Полный перечень этих показателей, а также пример повариантных технико-экономических расчетов для полиметаллического месторождения приводится в методических разработках для лабораторных занятий по дисциплине «Разведка и ГЭО МПИ».

Ни один из показателей не является достаточным для окончательного вывода о предпочтении того или иного варианта оконтуривания или подсчета запасов. Однако каждый из них должен отвечать заранее обусловленным требованиям инвестора: чистый дисконтированный доход и внутренняя норма доходности должны быть не меньше заранее установленной величины; срок окупаемости капитальных вложений – не более намеченного времени и т. п.

В целом, промышленное значение месторождения определяется экономической эффективностью его разработки. Наряду с этим необходимо учитывать потребность промышленности в данном виде минерального сырья, наличие трудовых ресурсов, а также социальное положение населения в районе расположения объекта, экологическую ситуацию и т. п. Неполное удовлетворение потребности конкретного района в минеральном сырье может служить основанием для предложения о снижении налогов и предоставлении льгот при разработке месторождения.



## Контрольные вопросы к теме 5

1. Цели и задачи ГЭО МПИ
2. Геологические показатели ГЭО
3. Горнотехнические показатели ГЭО
4. Технологические показатели ГЭО
5. Обоснование инвестиций в освоение месторождения
6. Определение эксплуатационных затрат при разработке
7. Назначение и применение коэффициента дисконтирования, ставки дисконта, коэффициента аннуитета
8. Основные показатели эффективности освоения месторождения
9. Определение чистого дисконтированного дохода
10. Определение индекса доходности
11. Определение срока окупаемости инвестиций
12. Определение внутренней нормы доходности

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Становление учения о разведке недр прошло длинный исторический путь, постепенно накапливая опыт и знания при изучении и оценке различных типов месторождений полезных ископаемых. К настоящему времени *разведка* представляет *самостоятельную научную дисциплину*, имеющую объекты изучения, методологические подходы, геолого-экономическую основу оценки полученных результатов.

Накопленный опыт разведки и геолого-экономической оценки месторождений получил отражение в многочисленных литературных источниках: монографиях, учебниках и учебных пособиях, научных статьях, методических разработках и рекомендациях. Направления совершенствования геологоразведочных работ, обоснованные еще в 80-90-е годы XX столетия, во-многом актуальными и в настоящее время. К числу сформулированных при этом задач следует отнести (Комплексная..., 1990):

- повышение достоверности утверждаемых по результатам разведки запасов;
- обоснование комплексного использования минерального сырья на основе совершенствования рациональной технологии переработки полезных ископаемых;
- совершенствование методов опробования и способов обработки проб;
- повышение уровня изученности вещественного состава и технологических свойств полезного ископаемого;
- повышение роли геофизических и геохимических исследований при оконтуривании залежей полезных ископаемых, изучении их внутреннего строения;
- совершенствование методики разведки и геолого-экономической оценки месторождений на основе обобщения передового отечественного и зарубежного опыта.

В то же время нельзя оперировать только накопленным опытом. С течением времени меняются экономические условия хозяйствования, совершенствуются подходы к оценке промышленной значимости месторождений. В современных условиях необходимо внедрение в геологоразведочный процесс геоинформационных технологий. При этом возможны следующие направления сбора информации и её обобщения:

- перевод накапливаемой геологической информации по месторождениям с бумажных носителей на цифровые;
- создание банка цифровых данных по всем разведанным пересечениям, включающим результаты опробования, аналитических, инженерно-геологических и иных исследований;
- разработка цифровых моделей месторождений, позволяющих на базе 3D моделирования анализировать форму и условия залегания тел полезных ископаемых, пространственное распределение качественных показателей в объеме рудных тел, оценивать роль и значение рудоконтролирующих факторов на прилегающих к месторождению территориях (в пределах рудных районов и узлов);
- производить подсчет запасов и ГЭО, обосновывать кондиции на минеральное сырье, укреплять и стабилизировать добычу минерального сырья требуемого качества на горнорудных предприятиях и т. д.

Все изложенное определяет высокую актуальность подготовки квалифицированных кадров в рамках высшей школы, владеющих не только глубокими

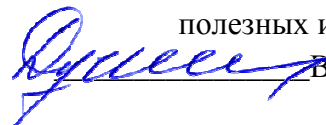
геологическими знаниями, но и современными приемами сбора и обработки накопленной информации с использованием IT-технологий.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

 В. А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ,  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ  
И КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Б1.В.11 МЕТАЛЛОГЕНИЯ**

для обучающихся специальности:  
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация  
***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
геологии, поисков и разведки МПИ  
Протокол № 1 от 23.09.2021

Екатеринбург

По своему содержанию металлогения – ветвь науки о геологии месторождений полезных ископаемых, главной задачей которой является установление закономерностей размещения месторождений в земной коре. Познание этих закономерностей и использование их при организации и проведении геологических работ составляют основные цели данного направления. Металлогенические исследования являются заключительным этапом всех геологических изысканий, направленных, в конечном итоге, на выявление месторождений полезных ископаемых. В этой связи особенностью курса «Металлогения» является обилие фактического материала по разнообразным дисциплинам геологического профиля от геотектоники и региональной петрографии до курса промышленных типов месторождений полезных ископаемых, что, естественно, накладывает свой отпечаток на подготовку и проведение практических и лабораторных занятий.

Концентрированным выражением установленных закономерностей размещения полезных ископаемых в конкретном районе исследований является металлогеническая карта или при крупномасштабных работах карта закономерностей размещения полезных ископаемых. Поэтому умение составлять подобные карты являются необходимым элементом подготовки грамотного инженера-геолога в современных условиях.

### **Содержание учебной дисциплины**

Раздел 1. Общие вопросы металлогенического анализа. Введение. История развития металлогении, основные металлогенические концепции. Основные виды современной металлогении. Связь геологических и рудных формаций: металлогенические формации. Металлогеническое районирование (металлогенические пояса, зоны, узлы).

Раздел 2. Металлогения главных типов структур земной коры и ведущих геодинамических обстановок. Металлогения покровно-складчатых поясов. Металлогения платформ. Металлогения областей тектоно-магматической активизации, срединных массивов и импактных структур. Металлогения океанов.

Раздел 3. Специальная металлогения. Металлогения черных металлов. Металлогения цветных и благородных металлов. Металлогения редких и радиоактивных металлов.

Раздел 4. Региональная металлогения. Основные металлогенические провинции России. Металлогения подвижных поясов. Металлогенические провинции древних и молодых платформ.

Раздел 5. Методы и этапы металлогенических исследований. Геологические, аэрокосмогеологические, геофизические, геохимические методы исследований. Этапы металлогенических исследований. Принципы и методика составления металлогенических карт. Компьютерное сопровождение металлогенических исследований. Виды и формы отчетных материалов.

В настоящее время действующим учебным планом по курсу «Металлогения» на лабораторные занятия отводится 20 и 6 часов для студентов очного и заочного факультетов.

## План лабораторных занятий по дисциплине «Металлогения»

1. Знакомство с металлогеническими картами
2. Прогнозно-металлогенический анализ территории на основе геологической арты
3. Составление металлогенограммы и фрагмента металлогенической карты (рудный узел)
4. Локализация перспективной площади на основе выявления рудоконтролирующих факторов
5. Моделирование структурно-геологической позиции потенциально рудоносной площади (с использованием принципа аналогии)
6. Составление паспорта перспективного объекта

Металлогенические карты классифицируются по назначению, масштабам и видам полезных ископаемых. По назначению различают металлогенические, прогнозные и прогнозно-металлогенические карты.

На металлогенических картах отражаются связи месторождения с геологической обстановкой. Рельефно показываются пространственные, а иногда и генетические связи месторождений с геологическими формациями, структурами, фациями метаморфизма и другими рудоконтролирующими факторами.

На прогнозных картах показываются поисковые признаки и оконтуриваются площади, перспективные на выявление новых месторождений и залежей полезных ископаемых. На прогнозных картах отражаются также все рекомендации по дальнейшему изучению территории, направлениям геологосъёмочных, поисковых, разведочных работ, геохимических и геофизических исследований. В случае относительно простой геологической обстановки удается на одной карте совместить отражение связей месторождений с геологической обстановкой, поисковых признаков и рекомендаций по дальнейшим направлениям исследований. Такие карты называются прогнозно-металлогеническими.

По масштабам различают мелко, средне и крупномасштабные металлогенические и прогнозные карты. К мелкомасштабным относят карты масштаба 1: 1 000 000 и мельче, составляемые для глобальных структур. Среднемасштабные карты включают от 1: 500 000 до 1: 100 000, что соответствует металлогеническим провинциям, структурно-металлогеническим зонам. Крупномасштабными считаются карты масштаба 1: 50 000, 1: 10 000 и крупнее. Это карты закономерностей размещения полезных ископаемых, составляемые для рудных районов, рудных полей, рудных узлов.

По видам полезных ископаемых металлогенические и прогнозные карты могут быть мономинеральными, либо биминеральными или полиминеральными. Для металлогенических провинций или структурно-металлогенических зон часто составляются комплексные металлогенические карты – на все виды полезных ископаемых, известных и прогнозируемых на данной площади. Комплексные карты могут составляться отдельно на эндогенные и отдельно на экзогенные месторождения. Для платформ нередко составляются отдельно металлогенические карты фундамента и отдельно чехла.

Принципы и методика составления карт. Принципы составления металлогенических карт определяются металлогенической концепцией, принятой авторами. В России в качестве основной принимается геолого-историческая концепция, согласно которой набор полезных ископаемых того или иного региона определяется типом геотектонического развития его на отдельных этапах. Для каждого этапа и стадии развития характерны определенные геологические формации, а с последними связаны соответствующие рудные формации. В зависимости от особенностей геологического строения и развития района, теоретических представлений авторов, в той или иной мере, используются другие металлогенические концепции: тектоническая, метаморфическая, новой глобальной тектоники и пр.

Каждая металлогеническая карта обычно сопровождается комплектом вспомогательных карт. В первую очередь в этот комплект могут входить карты, предусмотренные инструкцией о геологической съемке: геологическая, месторождений полезных ископаемых, геоморфологическая, шлиховая и др. Если же металлогеническая карта составляется в процессе геолого-съёмочных работ, то этот комплект является обязательным.

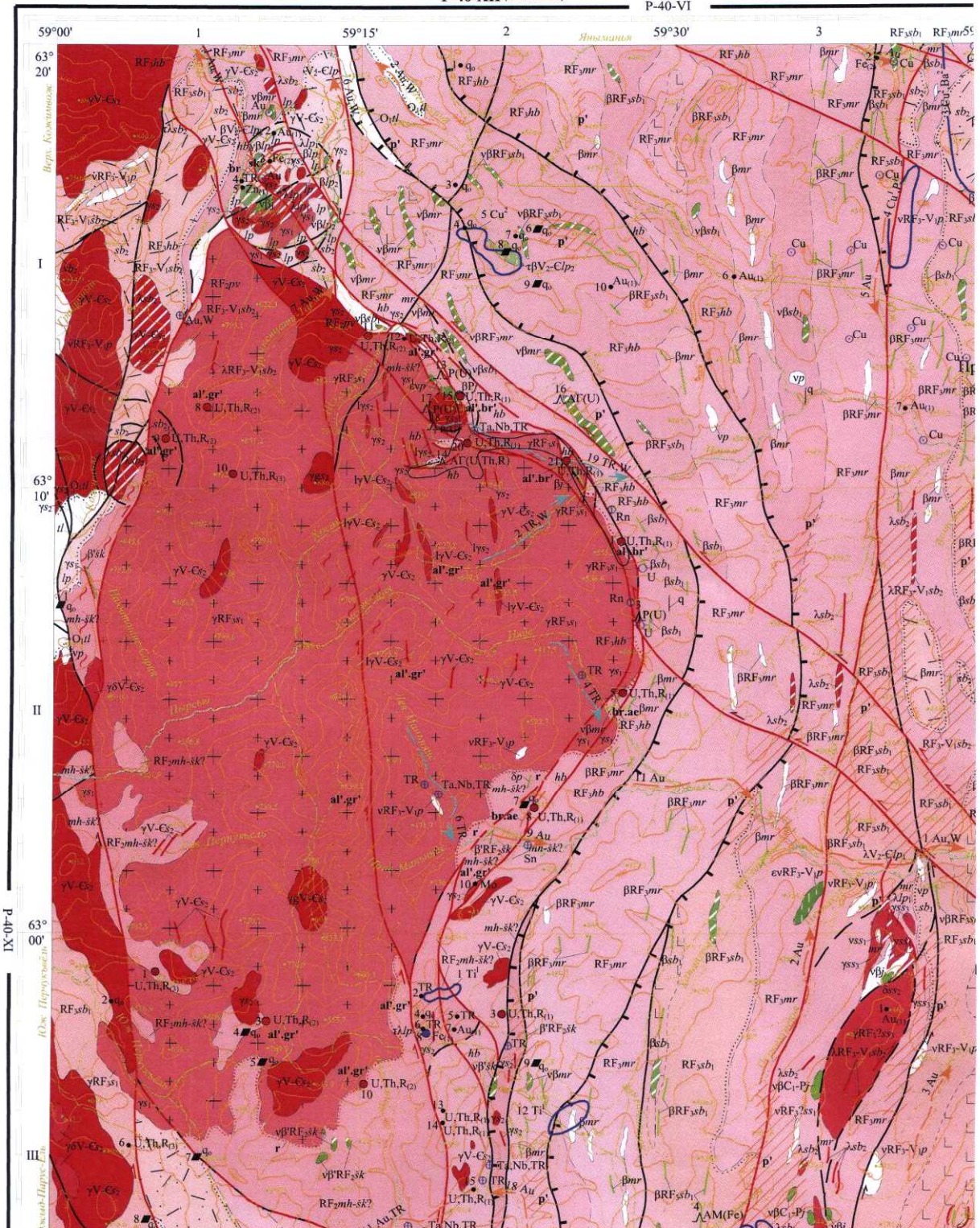
Для металлогенических карт эндогенных месторождений могут составляться специальные карты: магматизма, палеовулканизма, метаморфизма. В качестве специальных для металлогенических карт экзогенных месторождений могут быть палеогеографическая, литолого-фациальная, кор выветривания и др. Важное значение, для оценки перспектив на многие полезные ископаемые, имеют геохимические, геофизические и аэрофотогеологические карты. В каждом отдельном случае комплект карт определяется геологическим заданием.

Составление металлогенических карт сопровождается разработкой легенды, включающей условные обозначения и металлогенограмму, и тестовой объяснительной записки, облегчающей чтение карты. Составление легенды металлогенической карты является ответственной работой, требующей большого напряжения мысли. Условные обозначения может оставить наиболее квалифицированный из авторов, владеющий всей суммой фактических материалов и предвидящий конечные результаты составления металлогенической карты. Обычно легенда является плодом коллективного труда и подлежит широкому обсуждению.

Легенда к карте состоит из 2-х частей: а) геологические объекты, определяющие размещение полезных ископаемых (металлогенические факторы), б) полезные ископаемые.

Первая часть легенды строится по тому же принципу, что и легенда к геологической карте. В тексте легенды дается характеристика формации (комплекса). Приводится краткая петрографическая характеристика. Для подразделений, играющих роль металлогенического фактора излагаются сведения о генетических или парагенетических связях с ними полезных ископаемых, метасоматитов их рудоконтролирующей и рудолокализирующей роли. Условные знаки подразделений (металлогенических факторов) закрашиваются также как в легенде к геологической карте, остальные нет. Кроме геологических условных обозначений сюда включают все прочие знаки, которые вынесены на карту полезных ископаемых, а также факторы второго рода. В условные знаки геологических границ вводят обозначения, которые могут отсутствовать в легенде к геологической карте.

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ  
**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ масштаба 1 : 200 000**  
 Издание второе  
 Северо-Уральская серия  
**КАРТА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ**  
**Р-40-ХII (г. Кожим-Из)**

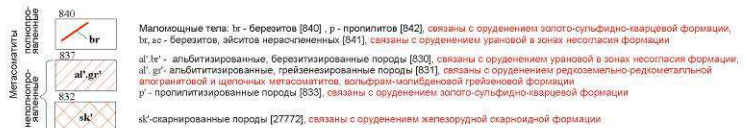
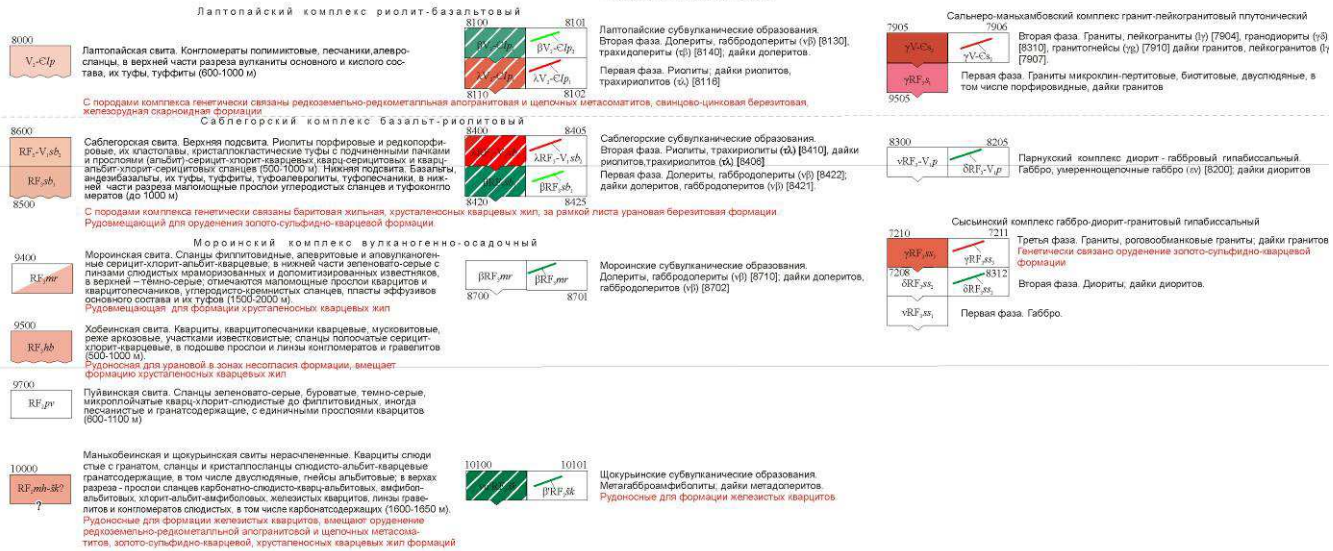


Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения  
 (фрагмент листа Р-40-ХII, г. Кожим-Из)



ЦЕНТРАЛЬНО-УРАЛЬСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ МЕГАЗОНА  
ЛЯПИНСКАЯ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ ЗОНА

Хобизью-Манькиновская подзона



Первая часть легенды к карте полезных ископаемых и закономерностей их размещения (лист Р-40-ХІІ, г. Кожим-Из)

Вторая часть легенды «Полезные ископаемые» представляет собой таблицу, в которой приведены условные обозначения всех разновидностей полезных ископаемых по их виду, рудным формациям, генетическим типам, возрасту и размерам. Под основной таблицей помещают сведения о дополнительных характеристиках месторождений и о поисковых признаках на полезные ископаемые.

**Металлогенограмма** представляет собой наглядное изображение генетических и парагенетических связей полезных ископаемых с геологическими формациями и с этапами геологического развития территории. В левой части перечисляются тектономагматические циклы, этапы, геологические и рудные формации. В правой – в той же последовательности – геологические подразделения и полезные ископаемые с ними связанные.

Зоны рудной минерализации показываются на карте обычно цветными точками, а гидротермально-метасоматические изменения пород – яркими цветами. Структурно-тектонические элементы, включающие контуры геологических структур различного порядка, разрывные нарушения, зоны расланцевания, показываются линиями различной жирности, нередко с зубцами определенной формы.

Металлогеническое районирование лучше показывать цветными линиями, соответствующими возрасту минерализации. Около линий можно показывать химические индексы состава минерализации.

## ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Группа	Подгруппа, вид	Проявления	Пункты минерализации	Генетические типы	Рудные формации
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ	Черные металлы Железо	● Fe <sub>(3)</sub> 51330	● Fe <sub>(2)</sub> 51382	Гидротермальный плутоногенный	Железорудная скарноидная (2)
			● Fe <sub>(3)</sub> 51383	Магматический	Не определена
	Цветные металлы Медь	● Cu <sub>(2)</sub> 52890	● Cu <sub>(1)</sub> 53031	Гидротермальный вулканогенный	Медно-цинково-колчеданная (1)
			● Cu <sub>(2)</sub> 53032	Гидротермальный плутоногенный	Золото-сульфидно-кварцевая (2)
	Цинк		● Zn 53050	Гидротермальный плутоногенный	Свинцово-цинковая березитовая
	Молибден		● Mo 53080	Гидротермальный плутоногенный	Вольфрам-молибденовая грейзеновая
	Редкие металлы, редкоземельные элементы Редкие земли		● TR 55330	Гидротермальный плутоногенный	Редкоземельно-редкометаллная апогранитовая и щелочных метасоматитов
	Благородные металлы Золото	● Au <sub>(1)</sub> 56740	● Au <sub>(3)</sub> 56771	Гидротермальный плутоногенный	Золото-сульфидно-кварцевая
			● Au <sub>(2)</sub> 56772	Гидротермальный вулканогенный	Медно-цинково-колчеданная
		— Au 82811		Осадочный механический	Золотоносных россыпей
Серебро		● Ag 56780	Гидротермальный плутоногенный	Золото-сульфидно-кварцевая	
Радиоактивные элементы Уран, торий, редкие металлы	● U, Th, R <sub>(1)</sub> 57801	● U, Th, R <sub>(1)</sub> 57821	Полигенный	Урановая в зонах несогласия (1)	
		● U, Th, R <sub>(2)</sub> 57802	Гидротермальный плутоногенный	Редкоземельно-редкометаллная апогранитовая и щелочных метасоматитов (2)	
		● U, Th, R <sub>(3)</sub> 57803	Инфильтрационный	Ураноносных торфяников (3)	
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ	Оптические материалы Кварц оптический	■ q <sub>o</sub> 59920	● q <sub>o</sub> 59950	Гидротермальный плутоногенный	Хрусталеносных кварцевых жил
	Химическое сырье Барит	▲ ba 60660	● ba 60750	Гидротермальный плутоногенный	Баритовая жильная
	Абразивные материалы Гранат		● gr 65550	Гидротермальный плутоногенный	Не определена
	Горнотехническое сырье Асбест амфиболовый		● asb <sub>a</sub> 66700	Метаморфический	Амфибол-асбестовая алогипербазитовая
	Тальк		● t 66740	Метаморфический	Тальковая алогипербазитовая
Драгоценные и поделочные камни Яшма		● J <sub>сп</sub> 66770	Метаморфический	Камнесамоцветная метаморфическая	

### ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ



Литохимические ореолы в рыхлых отложениях [85009]  
Концентрация элементов:  
Cu<sup>1</sup>, Ba<sup>1</sup> - от 2 до 4 фонов;  
Cu<sup>2</sup> - от 5 до 10 фонов

Точечные и невыражающиеся в масштабе карты комплексные и монолитохимические аномалии:

- ⊙ Cu Литохимическая (единичная) проба в коренных породах [85060]
- ⊙ Ni Литохимическая (единичная) проба в рыхлых отложениях [85070]
- ⊙ U Гидрохимическая (единичная) проба [85080]
- ⊙ Rn Атмохимическая (единичная) проба [85100]

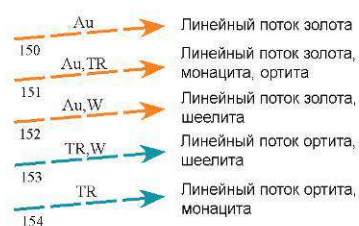
### ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ

Δ<sub>AM(Fe)</sub> Линейно-вытянутые, не выражающиеся в масштабе карты [85131]

Δ<sub>AT(U)</sub> Изометрические, не выражающиеся в масштабе карты [85130]

Буквенный символ справа - геофизический метод:  
AM - аэромагнитометрия  
AT - аэрогаммаспектрометрия  
P - радиометрия  
После символа метода в скобках символ полезного ископаемого

### ШЛИХОВЫЕ ПОТОКИ

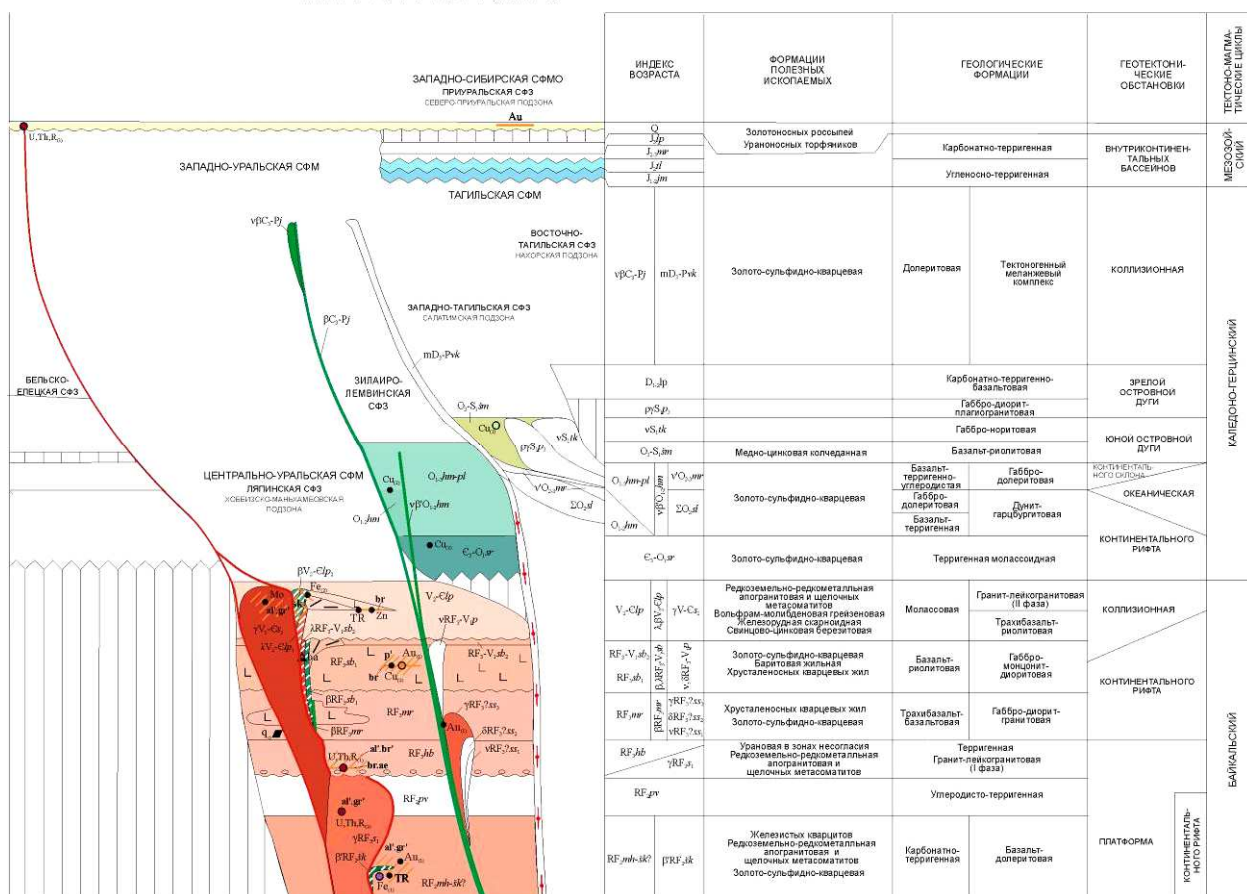


### ШЛИХОВЫЕ ПРОБЫ

- ⊕ Au Точечная шлиховая проба (Au, W - золото, шеелит [20200]; Sn - касситерит [20201]; TR - ортит, монацит, ксенотим [20202]; Ta, Nb, TR - танталониобаты, монацит, ксенотим, ортит [20203])

Вторая часть легенды к карте полезных ископаемых и закономерностей их размещения (лист Р-40-ХІІ, г. Кожим-Из)

МИНЕРАГЕНОГРАММА



Минерагенограмма (лист Р-40-ХІІ, г. Кожим-Из)

Для изучения дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющих в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень последних приведен ниже. Следует в ходе подготовки обратить внимание на примерный перечень докладов (рефератов), которые будут озвучиваться при опросе студентов по мере изучения дисциплины.

**Примерная тематика докладов (рефератов), используемых при опросе**

1. Исторические вехи в учении о металлогении
2. Методы выделения и изучения металлогенических формаций
3. Основные задачи металлогении
4. Металлогения различных геодинамических обстановок
5. Металлогеническое развитие с позиций мобилизма
6. Металлогенические эпохи
7. Перечислить основные металлогенические концепции
8. Цели и задачи металлогенического районирования
9. Металлогения черных, цветных, благородных и редких металлов
10. Основные этапы металлогенических исследований

Ниже приводятся контрольные вопросы по курсу «Металлогения», в экзаменационных билетах содержатся два теоретических и одно практико-ориентированное задание

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТАЛЛОГЕНИЯ»**

1. Цели и задачи современной металлогении
2. Понятия «металлогения», «минерагения»
3. Эвгеосинклинали и особенности их металлогении
4. Рудные формации и их связь с метасоматическими формациями
5. Формации и металлогения океанической стадии
6. Металлогеническое районирование: цели, задачи, примеры
7. Металлогения рифтовых зон
8. Миогеосинклинали и особенности их металлогении
9. Рудные формации и их связь с осадочными формациями
10. Рудные формации и их связь с магматическими формациями
11. Рудные формации и их связь с метаморфическими формациями
12. Металлогения срединных массивов
13. История развития металлогении
14. Металлогения чехла платформ
15. Металлогения щитов
16. Металлогения областей автономной тектономагматической активизации
17. Металлогения областей отраженной тектономагматической активизации
18. Металлогения срединных массивов
19. Металлогения рифтовых зон
20. Металлогеническое развитие складчатых поясов с позиций новой глобальной тектоники
21. Миогеосинклинали и особенности их металлогении
22. Металлогения пассивных континентальных окраин
23. Металлогения чехла платформ
24. Металлогения щитов
25. Металлогения активных континентальных окраин андийского типа
26. Металлогения окраинных морей
27. Металлогения геосинклинально-складчатых областей
28. Металлогения срединно-океанических хребтов
29. Металлогения островных дуг
30. Металлогения океанического ложа
31. Формация и металлогения орогенных стадий развития
32. Типы платформ и особенности их металлогении
33. Особенности металлогении вулканических поясов
34. Составление и перспективы освоения дна морей и океанов
35. Этапы металлогенических исследований
36. Применение геохимических и геофизических методов в металлогенических исследованиях
37. Легенды металлогенической карты (принципы, методика составления)
38. Построение легенды прогнозной карты
39. Классификация металлогенических карт
40. Региональная металлогеническая зональность

41. Что понимается под терминами «Специальная металлогения», «Рудная и металлогеническая формация», «Геолого-промышленный тип»?
42. Перечислите генетические типы месторождений полезных ископаемых
43. Каковы основные металлогенические эпохи формирования руд черных металлов?
44. Металлогенограмма (назначение, содержание)
45. Методика и техника составления металлогенических карт
46. Металлогеническое районирование: цели, задачи, примеры
47. Назначение и содержание металлогенических и прогнозных карт
48. Задачи и методы металлогенических исследований
49. Каковы основные металлогенические эпохи формирования руд черных металлов
50. Назовите ведущие провинции руд черных металлов
51. Назовите основные металлогенические эпохи и провинции руд цветных и благородных металлов
52. Перечислите важнейшие рубежи проявлений алмазоносных кимберлитов и лампроитов в России и мире
53. Назовите основные алмазоносные провинции в России и мире
54. С какими эпохами проявлено редкометалльное оруденение в России?
55. Где сосредоточена основная сырьевая база руд редких металлов в России?
56. Перечислите и охарактеризуйте основные ураноносные эпохи и провинции в пределах территории России
57. Что понимается под термином «металлогеническая провинция»?
58. Перечислите основные металлогенические провинции России
59. Дайте краткую характеристику Средиземноморского металлогенического пояса
60. Кратко охарактеризуйте металлогению Тихоокеанского пояса
61. Кратко поясните металлогению Урало-Монгольского пояса
62. Прокомментируйте специфику Восточно-Европейской мегапровинции
63. Дайте краткую характеристику Восточно-Европейской провинции
64. Охарактеризуйте Западно-Сибирскую мегапровинцию
65. Металлогения Уральской провинции (районирование и эпохи)
66. Охарактеризуйте металлогению Алтае-Саянской провинции
67. Дайте краткий обзор плитной металлогении
68. Охарактеризуйте металлогению фундамента платформ: Карело-Кольской, Воронежской, Анобарской
69. Охарактеризуйте металлогению Байкало-Витимской, Охотской, Охотско-Чукотской, Верхояно-Колымской, Калымо-Омолонской провинций
70. Поясните металлогению Сихоте-Алинской, Карякско-Камчатской и Курильской провинций
71. Какова металлогения Пайхой-Новоземельской, Таймыро-Северо-Земельской и Новосибирско-Чукотской провинций?

## **ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ**

### **Раздел 1**

Покажите на карте металлогенические таксоны различных рангов (пояс-зона)

### **Раздел 2**

Покажите на карте металлогенические провинции и зоны, относимых к различным типам геодинамических обстановок (внутриплитные, островодужные, рифтовые, горячих точек и др.)

### Раздел 3

По образцам из коллекции кафедры определите геолого-промышленный тип оруденения и ведущие закономерности его размещения (руды черных, цветных, благородных металлов и др.)

### Раздел 4

Покажите на карте основные металлогенические провинции и мегапровинции России (Русская, Кавказская, Уральская, Западно-Сибирская, Алтае-Саянская и др.)

### Раздел 5

По образцу из коллекции кафедры диагностируйте его геолого-промышленный тип и определите, какие металлогенические факторы 1 рода (металлотекты) его определяют

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Курсовая работа выполняется в 9 семестре для очного обучения и в 10 для заочного.

Целевое назначение - углубление полученных теоретических знаний в целом по курсу и особенно по разделу «Региональная металлогения». Тему курсовой работы рекомендуется выбирать как будущую основу для написания спецглавы в дипломном проекте.

Она выполняется на основе материалов, собранных на производственной (преддипломной) практике, либо с использованием информации ВСЕГЕИ по Госгеолкарте-200 (1000/3) номенклатурных листов, соответствующих району работ.

[https://vsegei.ru/ru/info/catalog\\_ggk/](https://vsegei.ru/ru/info/catalog_ggk/) Цифровые каталоги ГГК:

*Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:1 000 000 (третье поколение), изданных КФ ВСЕГЕИ*

*Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:200 000 (второе поколение), изданных КФ ВСЕГЕИ*

*Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:200 000 (второе поколение), изданных МФ ВСЕГЕИ*

*Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:200 000 (второе поколение). Авторские комплекты, апробированные НРС Роснедра*

В работе обязательно должны быть использованы результаты собственных наблюдений или исследований.

Для выполнения курсовой работы рекомендуются следующий примерный перечень тем:

1. Металлогения золота (Fe, Mn, Ca) Тагило-Магнитогорской металлогенической зоны
2. Металлогения Предуральского прогиба
3. Металлогения Западно-Сибирской мегапровинции
4. Минерагения импактных структур
5. Закономерности размещения Си-порфирирового оруденения в Уральской провинции

## 6. Закономерности размещения уранового оруденения в чехле Западно-Сибирской провинции

Курсовая работа включает два главных компонента: металлогеническую карту (карту закономерностей...) с условными обозначениями, металлогенограмму и объяснительную записку, объемом 10-20 страниц машинописного текста и содержать следующие разделы:

1. Введение. Приводятся сведения о районе: административное положение, рельеф, климат, география, степень обнаженности, экономическая особенность.
  2. История металлогенических исследований. Дается краткий по годам обзор важнейших исследований минеральных ресурсов региона.
  3. Принципы и методика составления карты. Тезисно, по методическим указаниям с привлечением специальной литературы излагается методика работ.
  4. Основные черты геологического строения территории. В начале раздела дается перечень ведущих стратиграфических подразделений, начиная с наиболее древних толщ. Далее в той же последовательности дается характеристика выделенных осадочных и магматических формаций. При этом их описание (названия и краткая характеристика) приводятся по структурным этажам и ярусам.
  5. Ведущие рудные формации. В начале раздела приводятся общие сведения о наличии полезных ископаемых в регионе. Затем дается перечень и краткое описание (название формации, основные рудные объекты, кратко геологическое строение объекта, морфология, размеры и внутреннее строение рудных тел, вещественный (минеральный, химический) состав руд, сопутствующие компоненты, структуры и текстуры руд, наличие и строение зоны окисления, запасы, геолого-промышленный тип месторождения) ведущих рудных формаций. В конце перечень металлогенических эпох.
  6. Закономерности размещения полезных ископаемых и оценка перспектив района. В начале раздела приводится описание различных генетических обстановок и соответствующих каждой обстановке металлогенических факторов первого и второго рода с указанием роли каждого фактора в локализации определенных (одного по выбору) видов полезных ископаемых. Характеризуются стратиграфический, литологический, фациальный, петрографический, магматический, метаморфический, структурный, геоморфологический, палеогеографический, палеотектонический и др. факторы (в зависимости от конкретной рудной формации), рассматривается связь между геологическими и рудными формациями, приводится описание метасоматических изменений, зональности и размещения полезных ископаемых. Далее (если есть материалы) приводятся сведения о прогнозируемых месторождениях (либо перспективных участках) по видам сырья: номер по карте, название, оценка прогнозных ресурсов по категориям, общие ресурсы, рекомендуемые виды, объемы и методы геологоразведочных работ, их очередность.
- Заключение.** Кратко перечисляются важнейшие дискуссионные или не решенные вопросы и предлагаются возможные пути их решения.
- Список литературы. Проводится раздельно для изданных и фондовых материалов.

Курсовая работа рецензируется преподавателем кафедры. При необходимости проводится защита работы.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

### 1. Основная литература

1. Душин В. А. Металлогения. Учебное пособие. Изд. УГГУ. Екатеринбург, 2017. - 308с.
2. Старостин В. И. Металлогения. Учебник 2-е изд. МГУ, 2012. - 560с.

### 2. Дополнительная литература

3. Щеглов А.Д. Основы металлогенического анализа. М: Недра, 1978
4. Минерагения осадочных бассейнов континентов палеоконтинентальных областей. Ред. Межеловский Н. В. М., 1978. WWWgeokniga.org
5. Основы металлогенического анализа при геологическом картировании. Ред. Межеловский Н. В. М., 1985. - 468с. WWWgeokniga.org
6. Радкевич Е.А. Региональная металлогения. М.: Недра, 1987.
7. Методологические основы составления прогнозно-металлогенических карт масштаба 1: 200 000 рудных и потенциально рудных районов. СПб. ВСЕГЕИ.1999, 86с.

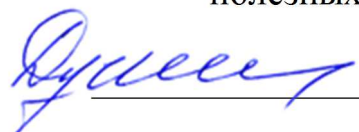
Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к лабораторным занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в т. ч. изучение каменного материала по ведущим месторождениям.



МИНОБРНАУКИ РФ  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой геологии  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

 В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Для обучающихся специальности:

*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация

*Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых*

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., зав.каф.ГПР МПИ

Профессор

Одобрены на заседании кафедры  
Геология, поиски и разведка МПИ  
Протокол № 1 от 23.09.2021

Екатеринбург

В настоящее время все отчетливее просматриваются признаки надвигающегося дефицита минерального сырья на фоне общего возрастания стоимости одних компонентов и падения других. Все острее ощущается необеспеченность сырьем как ведущих экономик мира, так и развивающихся стран.

Несмотря на приоритет известных геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых в удовлетворении потребности различных отраслей промышленности необходимо выявление перспективных новых, нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов, в том числе и техногенного происхождения. Это обусловлено тем, что качество добываемых руд, постепенно снижаясь, имеет тенденцию сближения с качеством техногенного сырья, что и определяет техногенно-минеральные ресурсы как перспективные источники разнообразных металлов и нерудного сырья. Проблема становится еще более актуальной в связи с сокращением инвестиций в строительство горнодобывающих предприятий, ухудшением экологической ситуации, сокращением запасов высококачественных руд и ухудшением горно-геологических условий отработки месторождений (глубина, обводненность и т.п.).

Как хорошо известно, добыча полезных ископаемых развивается значительными темпами, что вызвало истощение целого ряда месторождений, расположенных в освоенных районах и залегающих в благоприятных горно-геологических условиях. По мере углубления знаний о геологическом строении Земли и под воздействием достижений научно-технического прогресса постоянно увеличивается не только абсолютное число вовлеченных в производство полезных ископаемых, но и их ассортимент.

В первую очередь это касается энергетического сырья, а также: элементов определяющих научно-технический прогресс – редких и легирующих металлов, радиоактивных и рассеянных элементов.

Наиболее эффективным в существующей современной экономической ситуации является вовлечение в переработку ранее складированных отходов с высоким содержанием полезных компонентов, что позволит при меньших капитальных вложениях достичь существенного повышения эффективности производства.

Понимая необходимость ознакомления студентов с вышеназванными проблемами на кафедре геологии, поисков и разведки МПИ данный курс читается будущим геологам на протяжении последних 15 лет.

Основными целями курса является вооружение обучаемых теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для современного изучения месторождений нетрадиционных типов, которые в силу специфических особенностей состава руд, морфологии залежей и геологических условий строения и формирования пока не перешли в разряд ведущих геолого-промышленных типов.

### **Содержание учебной дисциплины**

#### **Раздел 1. Роль минерально-сырьевых ресурсов в экономике России и Мира**

- 1.1. Место России в минерально-сырьевом комплексе Мира
- 1.2. О сырьевой безопасности России в XXI веке

#### **Раздел 2. Основные виды нетрадиционных (новых) типов ресурсов минерального сырья**

- 2.1. Систематика нетрадиционных видов минерального сырья
- 2.2. Топливо-энергетическое сырье
- 2.3. Черные металлы
- 2.4. Цветные металлы
- 2.5. Редкие металлы
- 2.6. Благородные металлы и алмазы
- 2.7. Полезные ископаемые океанов
- 2.8. Неметаллические полезные ископаемые

### **Раздел 3. Научные и технологические проблемы освоения нетрадиционных типов МПИ**

3.1. Развитие теоретических подходов к выявлению новых и нетрадиционных типов МПИ

3.2. Современные геотехнологии эффективного освоения рудных месторождений

Практические занятия по дисциплине «Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых» предполагают ознакомление студентов с ведущими нетрадиционными и новыми типами месторождений полезных ископаемых по основным видам минерального сырья, а также приобретение студентами навыков на основе примера описания рудного объекта по нетрадиционному геолого-формационному типу.

#### **План практических занятий по дисциплине «Нетрадиционные типы МПИ»**

Знакомство с коллекциями образцов кафедры, планами и разрезами эталонных объектов, их геолого-геофизическими моделями в том числе:

1. Топливо-энергетическое сырье. Уран (только графика)
2. Нетрадиционные и новые типы месторождений черных металлов (железо, марганец, хром, титан, ванадий)
3. Нетрадиционные и новые типы месторождений цветных металлов (медь, свинец-цинк, алюминий, никель, кобальт)
4. Нетрадиционные и новые типы месторождений редких металлов (вольфрам, молибден, бериллий, тантал, ниобий, иттрий и лантаноиды)
5. Нетрадиционные и новые типы месторождений благородных металлов и алмазов (золото, серебро, платиноиды, алмазы)

При изучении дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющих в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень

последних приведен ниже. Следует в ходе подготовки обратить внимание на регулярный опрос студентов по мере изучения дисциплины в рамках заявленных в программе тем:

1. Место России в минерально-сырьевом комплексе Мира
2. Основные виды новых и нетрадиционных типов ресурсов минерального сырья (по металлам)
3. Полезные ископаемые океанов

Контрольные вопросы по дисциплине содержат как теоретические, так и так и практикоориентированные задания

**Контрольные вопросы (проверка знаний при подготовке к экзамену по дисциплине «Нетрадиционные типы МПИ»)**

1. Каковы цели и задачи дисциплины «Нетрадиционные типы МПИ»?
2. Что понимается под термином нетрадиционные (и новые) типы МПИ?
3. Какова краткая история развития данного направления в науках о Земле?
4. Поясните схему формирования нетрадиционных и новых типов МПИ?
5. Что понимается под минерально-сырьевыми ресурсами?
6. В чем отличие запасов от ресурсов?
7. Какова роль минерально-сырьевых ресурсов в экономике России?
8. Какова роль минерально-сырьевых ресурсов в экономике Мира?
9. Перечислите основные современные проблемы минерально-сырьевого комплекса России?
10. В чем пагубность «Сырьевой иглы» для экономики страны?
11. Каковы основные проблемы национальной безопасности России в минерально-сырьевом секторе?
12. Перечислите «Нетрадиционные типы МПИ» в нефтегазовом секторе?
13. Каковы нетрадиционные и новые типы урановых объектов?
14. Каковы нетрадиционные и новые типы ториевых объектов?
15. Охарактеризуйте нетрадиционные и новые типы урановых и торий-урановых объектов.
16. Перечислите нетрадиционные и новые типы редкометалльных объектов.

17. Охарактеризуйте нетрадиционные и новые типы редкометалльных объектов.
18. Перечислите новые и нетрадиционные типы минерального сырья агропромышленного комплекса.
19. Охарактеризуйте новые и нетрадиционные типы минерального сырья агропромышленного комплекса.
20. Поясните на примере теоретические и практические подходы к освоению новых и нетрадиционных типов МПИ.
21. Расшифруйте понятие техногенный минеральный объект (месторождение)
22. Перечислите основные виды техногенных минеральных объектов
23. Поясните историю использования вторичных техногенных минеральных ресурсов.

### **Практикоориентированные задания для студентов по дисциплине**

#### **«Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых»**

##### **Раздел 1.**

Покажите на карте основные районы развития минерально-сырьевого комплекса России

##### **Раздел 2.**

Определите по образцам из коллекции кафедры принадлежность руд к новым, либо нетрадиционным объектам сырья (руды черных, цветных, благородных, редких металлов)

##### **Раздел 3.**

Покажите на карте регионы с широким внедрением в освоении нетрадиционных и новых типов рудных объектов

В процессе освоения дисциплины на практических занятиях каждому студенту выдается по пять образцов из контрольной коллекции, представляющей как существующие промышленные типы месторождений, так и нетрадиционные типы источников минерального сырья. После визуального изучения образцов студент должен:

1. Охарактеризовать структурно-текстурные особенности, представленных пород и состав полезной минерализации
2. Определить генетическую принадлежность оруденения, представленного в каждом из изучаемых образцов
3. Разделить предлагаемые образцы на две группы, первая из которых представляет месторождения существующих геолого-промышленных типов, вторая - нетрадиционные типы источников минерального сырья
4. Для образцов первой группы установить геолого-промышленный тип месторождений полезного ископаемого и назвать примеры таких месторождений
5. Для образцов второй группы высказать суждение об их возможностях принадлежности к нетрадиционным (или новым) источникам какого-либо минерального сырья

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Душин В.А., Макаров А.Б. Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Екатеринбург УГГУ, 2015. 224с.
2. Техногенное минеральное сырье Урала / Перепелицын В.А., Рытвин В.М., Коротеев В.А., Макаров А.Б. и др. - Екатеринбург: РИО УРО РАН, 2013 – 332с.
3. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов – М.: НИА – ПРИРОДА – 1999
4. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и Мира – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000
5. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Геохимия золота. Ресурсы и технологии России. Справочное издание. – М.: Изд. РУДН, 2000
6. Додин Д.А., Золоев К.К., Воронов В.А., Чернышов Н.Н. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. – М.: «Геоинформмарк», 2007
7. Додин Д.А., Чернышов Н.К. Платинометальные месторождения Мира. – М.: РБИ, 1999

8. Козловский Е.А. Минерально-сырьевые проблемы России накануне XXI – М.: РБИ, 1999
  9. Коробейников А.Ф. Комплексные месторождения благородных и редких металлов – Томск: Изд-во ТПУ, 2006
  10. Лушанов А.В., Быховский Л.З., Титунов Л.П. нетрадиционные источники попутного получения золота: проблемы и пути решения. – М.: 2003
  11. Нетрадиционные ресурсы минерального сырья. Арбатов А.А., Астахов А.С., Лаверов Н.П. и др. – М.: Недра, 1988
  12. Остроумов В.Р., Морозов А.Ф., Магалеев Б.Д. Открытия коренных источников Уральских алмазов/ ВСБ Геологическое изучение и использование недр. – М: 1996 – Вып.6
- Все о геологии <http://www.geo.web/ru>
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам – Режим доступа: <http://window.edu.ru>
- Президент Российской федерации – <http://www.president.kremlin.ru>
- Правительство Российской федерации – <http://www.goverment.gov.ru>
- Российский правовой портал – <http://www.rpp.ru>
- Геоинформмарк– <http://www.geoinform.ru>

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучения рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в первую очередь изучение коллекций каменного материала по месторождениям полезных ископаемых различных геолого-промышленных типов.

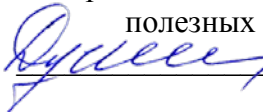


МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений

полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.15 ОПРОБОВАНИЕ  
ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация

***Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Баранников А.Г., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ

*(название кафедры)*

Протокол № 1 от 23.09.2021

*(Дата)*

Екатеринбург

# ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

## Основные понятия, виды опробования, способы отбора проб, системы опробования месторождений

**Опробование** – это комплекс работ для получения количественной информации о качестве исследуемых объектов.

**Качество полезного ископаемого** – это совокупность функциональных и технологических свойств, обуславливающих пригодность и экономическую целесообразность его промышленного использования.

**Проба** – это часть (порция) опробуемого материала, отнесенная к определенному объему рудного тела или отбитой руды (вмещающих пород) и характеризующая с заданной точностью исследуемое свойство полезного ископаемого. Проба с современных позиций рассматривается как геоизмерение, а опробование как геоизмерительный процесс. Как геоизмерение, проба характеризуется двойственной природой: она соединяет в себе свойства и характеристики обычного классического метрологического измерения и в то же время содержит специфические метрологические характеристики, обусловленные особенностями внутреннего строения геологических объектов.

Пробе (как замеру) присущи такие метрологические характеристики как точность и правильность (верность).

**Точность пробы** – это интегральная случайная техническая погрешность, возникающая в процессе ее отбора, подготовки и исследования. **Правильность пробы** определяется величиной интегральной систематической погрешности. Проба верная, или правильная, если у нее практически отсутствует систематическая погрешность. Таким образом, точность и правильность пробы обуславливается техническими погрешностями при ее отборе, подготовке и испытаниях. Практически достоверная – это такая проба, у которой отсутствует систематическая погрешность, а случайная техническая погрешность находится в допустимых для практических целей пределах.

Как геоизмерение, проба имеет геометрическую базу и сферу влияния. Именно они предопределяют появление у пробы специфич-

ческих метрологических характеристик – надежности и представительности.

**Геометрическая база пробы** – это участок руды (вмещающей породы), в пределах которого непосредственно производится измерение (определение) изучаемого свойства. Геометрическую базу пробы характеризуют следующие элементы: размеры или объем пробы; форма и ориентировка пробы относительно текстурно-структурных элементов опробуемой породы.

**Область или сфера влияния пробы** – это объем руды (вмещающей породы), на который распространяется значение определяемого свойства.

**Надежной** – называется практически достоверная проба, которая при заданной геометрической базе гарантирует присутствие в ней исследуемого свойства и уверенную экстраполяцию результатов на непосредственно прилегающий к пробе приповерхностный слой руды или породы. Практически достоверная проба считается представительной, если она позволяет оценить с необходимой надежностью изучаемое свойство в сфере ее влияния.

Опробование как геоизмерительный процесс представляет множество (совокупность) проб, отобранных по определенной системе. **Система опробования** – это пространственное расположение проб на профиле, площади или в объеме рудного тела (вмещающих пород). Система включает регулярную сеть опробования и длину секций опробования, расстояние между пробами по простиранию и падению залежи, длину пробы по линиям мощности.

Как совокупность (множество) проб, система опробования характеризуется своей воспроизводимостью (точностью) и правильностью. Они имеют тот же смысл, что и при рассмотрении понятия проба. Как множество регулярно расположенных в пространстве замеров, система опробования оценивается достоверностью.

**Достоверность системы опробования** характеризует качество глубины познания внутреннего строения объекта. Система опробования считается достоверной, если она обеспечивает выявление и представительное изучение заданного геолого-структурного или геолого-промышленного уровня организации вещества. Оценка достоверности системы опробования производится на основе геолого-математического моделирования внутреннего строения изучаемых объектов.

По целевому назначению различают следующие виды опробования: 1) химическое; 2) минералогическое; 3) техническое; 4) технологическое; 5) товарное [1].

**Химическое опробование** предназначено для определения содержаний основных и попутных полезных компонентов, вредных примесей в рудах по всем разведочным пересечениям тел полезных ископаемых. Содержания элементов устанавливаются химическим анализом, а благородных металлов – пробирным анализом. Применяется также геохимическое опробование руд и вмещающих пород. Содержания элементов в геохимических пробах определяются при помощи приближенно-количественного и количественного спектральных анализов.

**Минералогическое опробование** применяется для изучения минерального состава пород и руд, их текстурно-структурных особенностей. По этим данным проводится прогнозная оценка технологических свойств полезного ископаемого, обосновывается возможность комплексного использования минерального сырья. В качестве минералогических проб используют полированные штуфы, шлифы, аншлифы, протолочки, шлихи. Минералогическое опробование является основным видом оценки качества полезного ископаемого при разведке и эксплуатации россыпных месторождений.

**Техническое опробование** используется для определения физико-механических показателей, необходимых при подсчете запасов: объемной массы, влажности, пористости, гранулометрического состава, коэффициентов разрыхления. При оценке качества строительных материалов, слюд, асбеста, оптического сырья устанавливают прочностные свойства, прозрачность, бездефектность кристаллов, потери при прокаливании, длину волокна и др. Для этих видов минерального сырья техническое опробование является основным.

**Технологическое опробование** предназначено для разработки рациональных схем обогащения минерального сырья. При исследовании технологических проб выявляются показатели обогатимости руд: выход концентрата и хвостов обогащения, извлечение металла в концентрат и хвосты обогащения, содержание металла в руде, концентрате и хвостах обогащения. На месторождениях нерудных полезных ископаемых (камнесамоцветного сырья, декоративно-облицовочного камня) важным технологическим показателем является процентный выход камня-сырца, кристаллосырья, кондиционных блоков, полированной плитки, декоративного щебня. По данным изу-

чения технологических проб, отобранных по определенной системе наблюдений, на месторождениях проводится геолого-технологическое картирование залежей полезных ископаемых.

**Товарное опробование** проводится для получения метрологически обеспеченной информации о качестве поступающей на переработку или временно складываемой товарной руды с целью производства взаимовыгодных коммерческих расчетов между поставщиком и потребителем товарной продукции горнодобывающего предприятия. Товарные пробы должны быть подготовлены к анализам таким образом, чтобы обеспечить метрологическую воспроизводимость методов их исследования в соответствии с действующими стандартами.

Выделяются три последовательные операции опробования: отбор (взятие) проб, обработка (подготовка) проб и их испытания (анализ). **Отбор проб** должен обеспечивать их представительность, т. е. соответствие качества проб качеству той руды, из которой они отобраны. **Обработка проб** предназначена для подготовки материала проб к исследованию. Она включает операции дробления, просеивания, перемешивания и сокращения материала проб. **Анализ проб** проводят с помощью различных методов – химического, спектрального, минералогического анализов, петрографических, технологических исследований и т. д. В результате получают сведения о качестве полезного ископаемого в данной пробе.

Рассмотрим способы отбора проб, применяемые при опробовании месторождений полезных ископаемых.

**Способы отбора проб в обнажениях и горных выработках** зависят от текстурно-структурных особенностей полезных ископаемых, мощности рудных тел, физико-механических свойств руд. По своей геометрии (форме и пространственной ориентировке) пробы разделяются на три группы: линейные, объемные и точечные [2].

**Линейные пробы** отбираются бороздовым и шпуровым способами. **Бороздовый способ** является наиболее распространенным при разведке месторождений. Особенно эффективно он используется при опробовании полосчатых и слоистых руд. Бороздовая проба имеет форму призмы и характеризуется шириной, высотой и длиной интервала. Ширина бороздовых проб изменяется от 2 до 20 см, высота от 2 до 10 см, длина от 0,5 до 10 м. Масса бороздовых проб варьирует от 0,5 до 50 кг с 1 метра борозды. Борозда может быть сплошной или прерывистой (пунктирной). Бороздовые пробы отбирают вручную

или с использованием пробоотборников. **Шпуровой способ** применяется на стадии эксплуатационной разведки при химическом опробовании руды в целике впереди забоя. Он заключается в сборе шлама в процессе бурения шпуров обычными или колонковыми перфораторами. Для улавливания материала проб применяются патрубки и пылеулавливатели. Масса шпуровых проб составляет 1-2 кг.

**Объемные пробы** берутся валовым и задирковым способами. **Валовый способ** выражается в отборе пробы определенной длины по всему сечению разведочной горной выработки (шурфу, штреку, расщепке). Масса валовых проб изменяется от сотен кг до десятков тонн. Валовое опробование предназначено для отбора технологических проб, контрольного опробования, рядового опробования месторождений с крайне неравномерным распределением полезных компонентов (ртути, редких металлов, драгоценных камней). **Задирковый способ** используется для опробования жильных месторождений редких и благородных металлов малой мощности. При этом способе производится отбор слоя руды на глубину 5-10 см со всей площади забоя. Масса задирковых проб составляет 30-250 кг с 1 м<sup>2</sup> забоя.

**Точечные пробы** отбираются штупным, точечным и горстьевым способами. **Штупной способ** применяется для ориентировочной характеристики качества полезных ископаемых (их вещественного состава, текстуры и структуры, физических свойств). Он состоит в отборе монолитных кусков (штупов) руды или вмещающих пород массой 0,5-2 кг. **Точечный способ** служит для опробования мощных жил, залежей, штокверков. Пробы отбираются путем равномерного взятия 10-50 кусочков руды размером 2-5 см в поперечнике, расположенных по правильной сетке (квадратной или прямоугольной). **Горстьевой способ** аналогичен точечному, предназначен для опробования отбитой массы руды в забое. Масса точечной и горстьевой проб составляет 0,5-5 кг.

**Опробование скважин** осуществляется способом, близким к линейному. При колонковом бурении опробуется керн скважин. В пробу идет половина керна, расколота на керноколе или распиленная по длинной оси; другая половина оставляется в качестве дубликата. Длина керновых проб составляет от 0,5 до 5 м. При бескерновом (ударно-канатном, шарошечном, роторном) бурении пробой служит шлам, поднимаемый из скважин с пробуренного интервала. В зависимости от диаметра скважин масса проб с одного метра бурения может изменяться от десятков до сотен кг. Буровой шлам отбирается

из скважин с помощью желонки, буровых ложек, змеевиков, стаканов-грунтоносов.

**Геофизические способы** (магнитные, электрические, плотностные, радиоактивные, ядерно-физические) применяются при опробовании скважин, горных выработок, отбитых руд при разведке некоторых видов полезных ископаемых (железо, олово, сурьма, вольфрам и др.). При геофизических исследованиях применяются каротажи скважин или промеры стенок горных выработок и отвалов руд без отбора проб.

Во всех случаях выбранный способ опробования должен обеспечить соответствие содержаний компонентов в пробах их содержаниям в тех объемах, из которых они отобраны с допустимой погрешностью отбора проб. Взятые пробы подвергаются обработке для подготовки их к анализам.

### **Составление схемы обработки проб**

**Обработка проб** производится для того, чтобы измельчить и сократить их до массы и крупности, требуемых для химического, спектрального, минералогического анализов, или для других испытаний. Для химического анализа конечная масса пробы обычно составляет от 50 до 200 г, пробирного - 0,5-1,0 кг, спектрального - 5-20 г. Конечная крупность материала должна быть 0,074-0,1 мм.

Обработка проб состоит в чередовании операций измельчения, грохочения (просеивания), перемешивания и сокращения. Они выполняются так, чтобы в конечном материале, представляемом в лабораторию, была сохранена представительность пробы. Другими словами, содержание компонентов в конечном материале должно соответствовать содержанию в отобранной пробе с допустимой погрешностью обработки пробы. Это достигается применением при обработке проб формулы Ричардса-Чечотта

$$Q = kD^2, \quad (1.1)$$

где  $Q$  – надежная масса сокращенной пробы, кг;  $D$  – диаметр максимальных частиц, мм;  $k$  – коэффициент, зависящий от изменчивости содержаний полезных компонентов, крупности ценных минералов и физико-механических свойств полезного ископаемого.

Чем ниже содержания компонентов и выше их изменчивость, тем больше значение «к». Величина «к» обоснована экспериментально практически для всех промышленных типов месторождений. При равномерном характере распределения полезных компонентов (ПК) в рудных телах  $k = 0,02-0,1$ , при неравномерном распределении ПК  $k = 0,1-0,2$ , при весьма неравномерном распределении ПК  $k = 0,2-0,5$  и при крайне неравномерном распределении ПК  $k = 0,5-1,0$  [1]. Считается, что представительность пробы сохраняется, если ее масса изменяется пропорционально квадрату максимальных частиц. При практическом использовании формулы (1.1) в ее правую часть подставляют значение  $k$ , размер частиц пробы и получают  $Q$  – массу, меньше которой пробу сокращать нельзя.

**Измельчение проб** выполняется механическим способом с помощью дробилок. Крупное и среднее измельчение производится на щековых дробилках. В них загружают материал размером 30-60 мм, а получают размер частиц 3-10 мм (степень дробления 3-20). Мелкое измельчение производится на валковых дробилках. Загружается материал размером не более 10 мм, получают частицы размером 1-2 мм (степень измельчения 3-10). Тонкое измельчение производят на дисковых истирателях, виброистирателях, в шаровых и стержневых мельницах. На них получают окончательный материал проб требуемой фракции.

**Просеивание** проводится в основном для контроля максимального размера частиц проб после дробления на ситах со стандартными отверстиями (в мм): 50; 25; 12; 6; 3; 2,5; 2,0; 1,6; 1,25; 1,00; 0,80; 0,63; 0,50; 0,40; 0,315; 0,250; 0,200; 0,160; 0,125; 0,100. Крупная фракция, не прошедшая через сито, снова направляется в дробилку.

**Перемешивание материала пробы** производится после дробления (если намечается сокращение пробы) для получения однородного материала пробы способами перелопачивания, кольца и конуса и др.

**Сокращение проб** выполняется для уменьшения массы измельченных проб в пределах, допускаемых формулой Ричардса-Чечотта. Один прием сокращения позволяет уменьшить массу пробы в два раза. Для этого применяются способы кратной отборки, вычерпывания, квартования, а также желобковые делители и механические сократители.

Разработаны и в ряде случаев используются на производстве установки для механизации обработки проб без стадийного сокращения.



На каждом предприятии, где ведется подготовка проб к испытаниям, имеется схема их обработки, составленная ведущим геологом с учетом особенностей руд, задач исследования, вида и массы проб. Важно не только, чтобы схема пробоподготовки была правильно составлена, но и чтобы она неукоснительно соблюдалась при обработке проб. Для этого необходимо всем геологам уметь составлять схемы обработки проб, проверять правильность имеющихся схем, обучать обслуживающий персонал правильному применению разработанной последовательности обработки проб.

Начальная масса пробы ( $Q_n$ ) зависит от способа отбора, геометрической базы пробы и рассчитывается по следующим формулам:

$$\text{- для бороздовых проб} \quad Q_n = h \cdot m \cdot l \cdot d; \quad (1.2)$$

$$\text{- задириковых проб} \quad Q_n = h \cdot S_p \cdot d; \quad (1.3)$$

$$\text{- валовых проб} \quad Q_n = S_B \cdot H \cdot d; \quad (1.4)$$

$$\text{- точечных проб} \quad Q_n = n \cdot g; \quad (1.5)$$

$$\text{- керновых и шпуровых проб} \quad Q_n = k_{\pi} \cdot l \cdot d \cdot \pi D^2 / 4. \quad (1.6)$$

где  $h$  – глубина (высота) бороздовой или задириковой пробы, м;

$m$  – ширина бороздовой пробы, м;

$l$  – длина бороздовой (или керновой) пробы, м;

$d$  – объемная масса руды, т/м<sup>3</sup>;

$S_p$  – площадь руды, обнажающейся в забое, м<sup>2</sup>;

$S_B$  – площадь сечения разведочной выработки, м<sup>2</sup>;

$H$  – уходка выработки, м;

$g$  – масса отдельной порции, кг;

$D$  – диаметр керна или шпура (28, 37, 48, 63, 79, 98, 117, 136 мм);

$k_{\pi}$  – коэффициент представительности материала в керновой пробе.

Обычно  $k_{\pi}$  принимают равным 0,5.

Для практического усвоения изложенного материала студентам предлагается составить схему обработки бороздовых проб.

**Дано:**

1) характеристика опробуемого материала (полезное ископаемое, минеральный состав, характер распределения полезного ископаемого, объемная масса руды), параметры бороздовой пробы (табл. 1);

2) стандартный набор дробильных механизмов и сит (см. выше).

Необходимо:

1) определить начальную массу бороздовой пробы ( $Q_n$ );

2) выполнить расчеты для обоснования рациональной схемы пробоподготовки;

3) составить схему обработки проб (аналогично рис. 1).

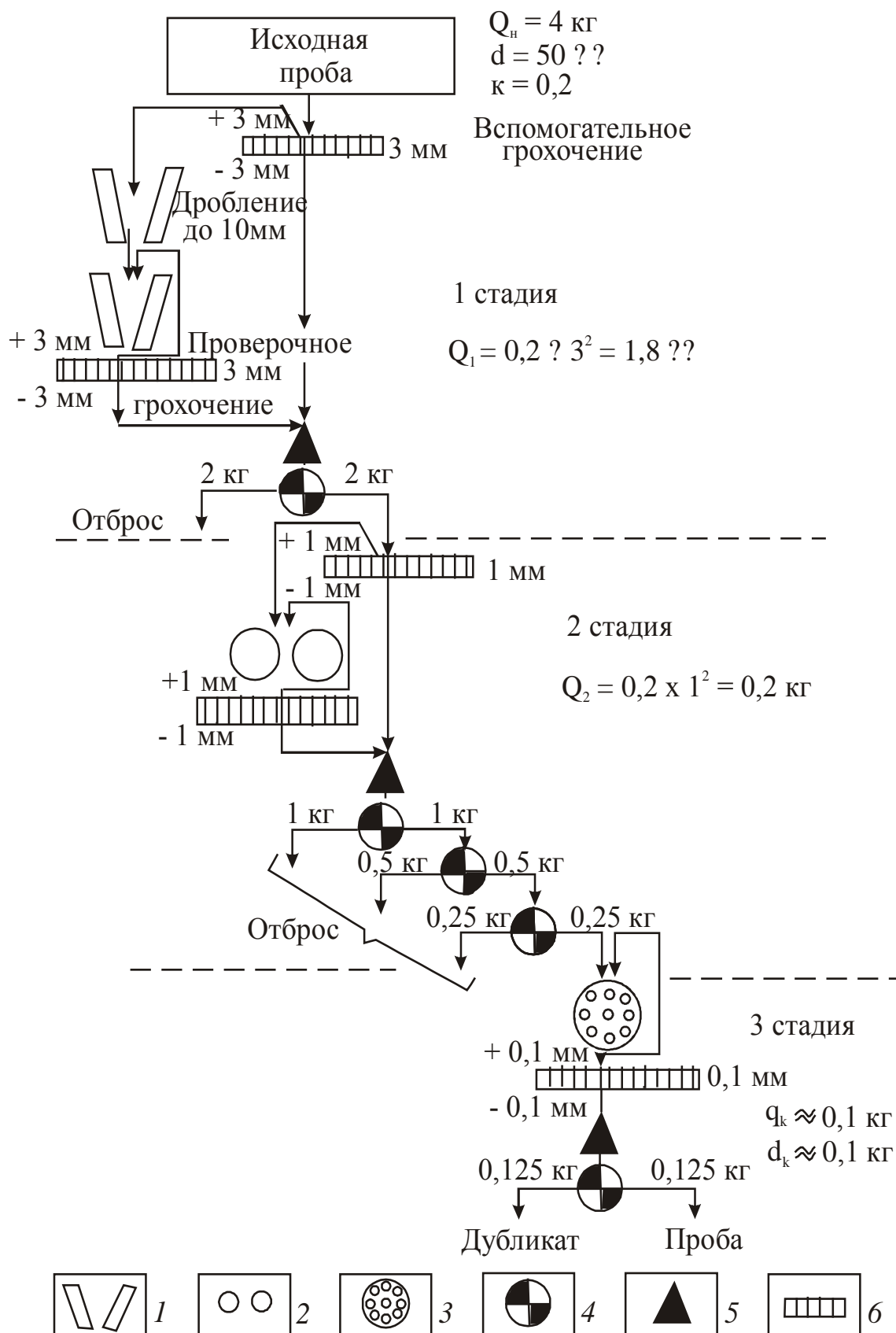


Рис. 1. Типовая схема обработки проб:  
 Агрегаты и операции: 1 - дробилка; 2 - валки; 3 - стержневая мельница;  
 4 - сокращение; 5 - перемешивание; 6 - грохочение

Таблица 1

## Данные для составления схемы обработки проб

Варианты	Типы опробуемых руд	Текстура руды и характер распределения полезного ископаемого	Коэффициент, к	Параметры бороздочной пробы		Объемная масса, $d$ , г/см <sup>3</sup>	Требования лаборатории	
				сечение ( $m \cdot h$ ), см × см	длина, $l$ , см		конечная масса, $q_k$ , кг	конечный диаметр, $d_k$ , мм
1	Молибденитовая руда	Прожилковая, неравномерный	0,2	10×3	100	2,7	0,1	0,07
2	Шеелит–молибденитовая руда	Вкрапленная, равномерный	0,1	5×3	100	2,9	0,1	0,07
3	Молибденитовая руда	Вкрапленная, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	2,7	0,1	0,07
4	Золото-пирит-кварцевая руда	Вкрапленная, крайне неравномерный	0,8	20×5	100	2,7	0,25	0,07
5	Золото-пирит-халькопирит кварцевая руда	Вкрапленная, крайне неравномерный	0,6	10×5	100	2,7	0,25	0,07
6	Золотоносная кремнистая порода	Вкрапленная, весьма неравномерный	0,3	5×3	100	2,8	0,25	0,07
7	Золотоносная кремнистая брекчия	Прожилковая, весьма неравномерный	0,5	10×3	100	2,7	0,25	0,07
8	Магнетитовая руда	Массивная, равномерный	0,1	10×5	100	4,0	0,1	0,07
9	Сидеритовая руда	Слоистая, равномерный	0,1	20×5	100	3,4	0,1	0,07
10	Мартитовая руда	Пористая, равномерный	0,1	20×5	200	3,7	0,1	0,07

Окончание табл. 1

Варианты	Типы опробуемых руд	Текстура руды и характер распределения полезного ископаемого	Коэффициент, к	Параметры бороздочной пробы		Объемная масса, $d$ , г/см <sup>3</sup>	Требования лаборатории	
				сечение ( $m \cdot h$ ), см × см	длина, $l$ , см		конечная масса, $q_k$ , кг	конечный диаметр, $d_k$ , мм
11	Медистый колчедан	Массивная, весьма неравномерный	0,3	5×3	100	3,8	0,1	0,07
12	Медно-цинковая вкрапленная руда	Вкрапленная, относительно равномерный	0,2	10×5	50	3,2	0,1	0,07
13	Медистые сланцы	Слоистая, равномерный	0,1	10×3	100	3,1	0,1	0,07
14	Флюорит-карбонатная руда	Слоистая, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	3,1	0,1	0,07
15	Фосфорит желваковый	Обломочная, весьма неравномерный	0,3	20×10	200	2,0	0,1	0,10
16	Кремнистая брекчия с антимонитом	Вкрапленная, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	3,6	0,1	0,07
17	Вкрапленная хромовая руда	Нодулярная, неравномерный	0,2	10×5	100	3,2	0,1	0,10
18	Массивная свинцово-цинковая руда	Массивная, равномерный	0,1	10×3	100	3,6	0,1	0,07
19	Охры никеленосные	Пористая, равномерный	0,1	10×5	100	1,6	0,1	0,07
20	Пентландит-халькопиритовая руда	Массивная, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	3,5	0,1	0,07

## Методические указания по выполнению работы.

Каждый студент получает вариант задания с исходными данными (табл. 1).

Вычисляется начальная масса ( $Q_H$ ) бороздовой пробы (г) по формуле (1.2)

$$Q_H = h \cdot m \cdot l \cdot d,$$

где  $h$ ,  $m$ ,  $l$  – соответственно ширина, высота и длина бороздовой пробы, см;  $d$  – объемная масса руд, г/см<sup>3</sup>.

Максимальный размер частиц исходной пробы ( $D$ ) принимается равным 50 мм.

Необходимо составить схему обработки бороздовой пробы, чтобы получить в итоге конечную пробу, соответствующую по массе и размеру частиц требованиям лаборатории (табл. 1).

Рассмотрим пример составления схемы обработки пробы хромовых руд. Для исследования предлагается вкрапленная в серпентинизированных дунитах хромовая руда нодулярной текстуры с неравномерным распределением  $Cr_2O_3$ . Содержание  $Cr_2O_3$  высокое. Значение «к» принято равным 0,2. Исходная масса пробы  $Q_H = 4$  кг, максимальный размер частиц пробы  $D = 50$  мм. В лабораторию для выполнения химических анализов руды необходимо представить материал пробы массой ( $q$ ) не менее  $q_k = 0,1$  кг с максимальным размером частиц в конечной пробе ( $d$ ) не более  $d_k = 0,1$  мм. При составлении схемы используем формулу Ричардса-Чечотта  $Q = kD^2$  с учетом технических возможностей дробильного оборудования.

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. В формулу Ричардса-Чечотта подставляются числовые значения всех трех величин. Если левая часть уравнения ( $Q$ ) вдвое или в большее число раз превышает правую ( $kD^2$ ), то пробу можно сократить без дробления, обязательно перемешав перед этим. Если левая часть уравнения больше правой менее, чем в 2 раза, то пробу без предварительного измельчения сокращать нельзя.

2. При проведении на первой стадии дробления материала исходной бороздовой пробы массой 4 кг на щековой дробилке ставится условие сокращения пробы хотя бы в два раза при измельчении ее до диаметра частиц  $D_1$ . Это условие математически записывается в виде

$$Q_H = 2k \cdot D_1^2. \quad (1.7)$$

Решая это равенство относительно  $D_1$ , определяем диаметр дробления пробы на первой стадии:

$$D_1 = \sqrt{\frac{Q_H}{2K}} = \sqrt{\frac{4}{2 \cdot 0,2}} = 3,2 \text{ мм.}$$

Учитывая имеющиеся размеры сит, принимаем диаметр дробления материала бороздовой пробы на щековой дробилке равным 3 мм.

Исходя из этого, по формуле Ричардса-Чечотта, определяем надежную массу пробы после первой стадии обработки

$$Q_1 = 0,2 \cdot 3^2 = 1,8 \text{ кг.}$$

Далее вычисляем степень сокращения материала пробы ( $S_C$ ) после первой стадии дробления по формуле

$$S_C = \frac{Q_H}{Q_1} = \frac{4}{1,8} = 2,2.$$

Следовательно, после проведения крупного дробления материала пробы его можно сократить вдвое, осуществив одну операцию сокращения (см. рис. 1).

Перед измельчением пробы до 3 мм при значительных массах первоначальных проб ( $Q_H > 10$  кг) можно предусмотреть вспомогательное (предварительное) грохочение на сите с диаметром отверстий 3 мм. Этим самым исключается из дробления часть пробы с диаметром частиц меньше 3 мм (класс –  $D_1$ ). Материал класса +  $D_1$ , оставшийся на сите, направляется в дробление. После чего ставится проверочное грохочение на сите с диаметром отверстий 3 мм. Случайно проскочившие через дробилку куски руды с диаметром, большим 3 мм, снова возвращаются в дробление. После предварительного и проверочного грохочения объединяются классы – 3 мм. После перемешивания материала проба сокращается пополам до массы  $Q \geq Q_1$ .

3. На второй стадии обработки выбирают диаметр дробления проб на валках, исходя из размера разгрузочной щели (обычно  $D_2 = 1-2$  мм).

Определяют степень сокращения массы пробы ( $S_C$ ) и число приемов сокращения массы пробы ( $m$ ) по формулам:

$$S_C = Q_1 / (K \cdot D_2^2) \quad (1.8)$$

$$m = 3,32 \cdot \lg S_C \quad (1.9)$$

Полученную расчетом величину « $m$ » округляют до целого числа. В нашем случае  $S_C = 2 / (0,2 \cdot 1,0^2) = 10$  раз,  $m = 3$ . Однако на практике

удобнее число сокращений материала пробы установить методом итерации – путем последовательного уменьшения начальной массы пробы вдвое до массы лабораторной пробы ( $q_k$ ):  $Q_n \rightarrow Q_{n/2} \rightarrow Q_{n/4} \rightarrow Q_{n/8} \rightarrow Q_n / S_C \geq q_k$ .

4. На третьей стадии дробления оставшуюся после сокращения пробу массой  $Q_2 = 0,25$  кг измельчают до 0,1 мм в шаровой или стержневой мельнице и после проверочного грохочения и перемешивания делят тонкоизмельченный материал пополам – на лабораторную пробу и дубликат.

При соблюдении данной схемы обработки конечная проба будет представительной, т. е. в ней содержание  $Cr_2O_3$  будет соответствовать содержанию в исходной пробе с учетом допустимой погрешности. Проба направляется в химическую лабораторию, а дубликат используется для повторных исследований, проведения внутреннего и внешнего контроля работы химической лаборатории, составления групповых проб и т. д. Схему необходимо изобразить графически (см. рис.1) и показать на ней всю последовательность операций по обработке проб.

#### **Отчетные материалы:**

1. Вычерченная схема обработки проб (по образцу рис. 1).
2. Расчеты, обосновывающие схему.

Перед составлением схемы обработки проб студенты знакомятся в лаборатории опробования со стандартным оборудованием (дробилками, набором сит, способами перемешивания и сокращения проб).

Время выполнения работы:

- ознакомление с лабораторией пробоподготовки – 2 часа;
- составление схемы обработки проб – 2 часа.

### **1. 3. Оценка погрешностей сопряженных измерений**

**Сопряженными называются измерения** какого-либо свойства объекта исследования, полученные одинаковыми или разными способами и характеризующие одни и те же точки, интервалы, площади или объемы недр. Например, сопряженными являются: определения содержаний компонентов в пробах, проанализированных в основной и арбитражной лабораториях; оценки мощности рудных тел, установленные при документации керна и каротажных

исследованиях скважин; данные разведки и отработки блоков рудных тел; содержания компонентов, оцененных традиционным химическим методом опробования и каким-либо геофизическим способом в пределах одного и того же интервала скважины и т. п.

Сопряженные измерения на объектах исследования в отличие от рядовых выполняются всегда выборочно. Они планируются с целью обоснования внедрения более экономичных, оперативных, производительных, технологичных, безопасных и экологически чистых методов и средств изучения тех или иных свойств, либо создания надлежащего метрологического обеспечения применяемых на производстве традиционных средств и методик на всех стадиях геологоразведочного процесса. При планировании такого рода экспериментов и обобщении их результатов необходимо учитывать специфику геологических объектов и, прежде всего, представлений о литолого-структурных и геолого-промышленных уровнях пространственной организации рудной минерализации, которая реализуется в рудном теле в виде естественных природных и промышленных типов и сортов руд и их текстурно-структурных разновидностей.

В метрологическом аспекте среди сопряженных измерений выделяются неравноточные и равноточные, требующие различных методов математической обработки и интерпретации полученных результатов. В случае неравноточных измерений наиболее точное из них принимается в качестве контрольного ( $U_i$ ), а другое, менее точное, – контролируемого ( $V_i$ ). Сопряженные измерения позволяют: оценить величины случайных и систематических погрешностей рядовых (контролируемых) измерений, внести соответствующие коррективы в последние или даже забраковать их; оценить предлагаемый к внедрению новый метод опробования по главным метрологическим характеристикам – точности (воспроизводимости) и правильности (верности). Так, рекомендуемый метод может быть: 1) правильным, но не точным; 2) неправильным, но точным; 3) неправильным и не точным; 4) правильным и точным. Способ считается достоверным, если он одновременно является и правильным, и точным. Способ подлежит внедрению только в том случае, если он достоверный.

В предлагаемой студентам лабораторной работе по оценке погрешностей сопряженных измерений отражены результаты научных исследований кафедры, проведенных на месторождениях хромитов, никеля и меди. Работа содержит 20 вариантов заданий (табл. 2-5). В табл. 2 приведены содержания триоксида хрома в товарных рудах



**Сопоставление содержаний Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в рудах, определенных химическим (ХА) и рентген–радиометрическим (РРА) анализами**

Номера анализов	Варианты									
	1		2		3		4		5	
	содержание триоксида хрома, %									
	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА
1	51,2	51,4	51,9	51,8	51,1	51,0	51,9	52,6	51,6	51,2
2	51,2	50,9	52,4	52,2	51,0	50,8	50,6	51,7	51,4	52,6
3	52,5	52,1	52,0	52,4	51,1	51,5	51,4	52,3	52,2	52,9
4	51,4	50,9	51,8	52,3	51,2	50,5	50,6	51,5	53,2	52,7
5	51,6	51,4	50,7	51,4	51,9	51,7	52,3	53,0	49,9	50,1
6	51,7	51,9	53,0	52,4	51,8	51,5	51,8	52,1	50,5	50,9
7	50,7	51,4	52,0	52,1	51,4	51,7	52,4	52,9	52,0	52,5
8	50,7	51,5	51,6	51,7	51,5	50,0	51,0	51,8	52,2	51,4
9	51,9	51,1	53,2	52,4	52,1	51,9	53,5	52,7	52,5	52,9
10	51,2	51,4	51,2	50,8	51,6	51,5	51,5	52,4	51,3	51,0
11	51,1	51,6	52,1	51,4	50,6	51,3	53,3	52,7	52,1	52,9
12	51,2	51,4	52,0	51,6	52,5	52,7	51,6	51,0	51,3	51,8
13	51,5	52,1	52,8	50,9	52,8	52,2	52,4	52,8	52,3	52,5
14	51,6	52,3	51,7	51,1	52,1	52,6	52,3	51,2	53,1	52,3
15	52,9	52,2	52,3	52,3	51,9	51,7	52,4	52,9	52,5	52,2
16	52,5	52,7	52,1	51,8	52,5	52,5	52,0	52,8	52,1	52,7
17	51,9	52,6	52,4	52,8	53,4	52,8	52,7	52,9	52,3	51,7
18	52,2	52,7	52,1	52,3	52,5	52,3	52,6	52,0	52,1	52,4
19	52,1	51,4	53,3	52,6	51,1	52,0	51,8	52,2	51,7	51,0
20	52,4	52,0	52,5	52,2	52,6	52,1	51,4	52,3	52,9	50,8

Номера анализов	Варианты									
	1		2		3		4		5	
	содержание триоксида хрома, %									
	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА
21	51,5	51,1	51,2	51,4	52,4	52,3	51,5	51,4	52,3	51,5
22	53,1	52,8	52,2	52,7	53,0	52,6	51,0	51,5	52,0	51,6
23	51,8	52,2	51,1	51,1	51,5	52,3	51,3	51,6	51,5	50,7
24	53,1	52,4	52,5	52,8	52,6	53,1	53,0	52,0	53,4	52,6
25	51,1	51,7	52,1	51,6	51,5	51,8	50,5	51,6	51,3	51,9
26	52,2	52,7	52,3	52,3	52,4	52,0	50,7	51,5	52,2	52,1
27	51,6	51,9	50,2	50,8	51,7	52,1	51,8	51,8	53,3	52,3
28	52,0	52,7	49,6	50,0	51,5	52,1	51,5	51,7	50,5	51,4
29	50,7	51,4	53,0	52,8	52,5	51,8	51,7	50,8	51,8	52,5
30	51,6	52,1	52,5	52,7	52,0	52,7	52,6	52,0	52,2	52,8
31	50,8	51,6	51,7	52,5	52,2	52,0	51,4	50,7	52,1	52,5
32	51,7	52,4	51,4	51,4	52,4	52,5	51,6	51,1	51,5	51,2

Таблица 3

**Сравнение содержаний никеля в керновых (КП) и шламовых пробах (ШП) скважин колонкового и ударно-канатного бурения**

Номера проб	Варианты									
	6		7		8		9		10	
	содержание никеля, %									
	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП
1	0,50	0,84	1,05	0,94	1,36	1,51	1,25	1,40	0,79	0,83
2	0,91	0,91	0,86	1,13	0,95	0,79	1,29	1,16	1,34	1,18

Номера проб	Варианты									
	6		7		8		9		10	
	содержание никеля, %									
	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП
3	1,23	0,89	0,71	1,69	0,86	0,84	0,97	0,99	1,05	1,31
4	0,74	1,03	0,89	0,65	1,29	0,87	0,92	0,81	1,02	1,37
5	0,73	1,35	0,57	0,65	1,04	1,31	0,85	0,85	1,69	1,86
6	0,71	0,74	0,67	0,64	3,64	3,67	0,76	0,84	1,21	1,19
7	1,06	0,97	1,13	0,73	3,80	3,49	0,79	0,78	0,75	0,64
8	1,76	1,10	0,86	0,71	1,41	1,04	0,75	0,77	0,72	0,62
9	1,10	0,99	0,93	1,90	1,57	1,29	0,67	0,83	0,63	0,66
10	0,93	1,10	0,83	0,85	1,05	1,90	0,74	0,55	0,75	0,73
11	0,75	0,72	1,08	1,17	0,85	1,17	1,01	0,92	0,77	0,68
12	0,74	1,44	0,89	0,85	1,83	1,81	0,67	0,54	0,99	0,95
13	1,03	1,38	0,82	0,79	1,27	1,17	1,25	1,38	0,81	0,83
14	0,82	0,78	0,71	0,70	1,78	1,94	0,83	0,86	1,26	1,02
15	0,83	0,87	1,31	1,29	1,23	0,91	0,62	0,89	1,38	1,24
16	0,71	0,78	1,43	1,25	2,09	1,39	0,77	0,66	0,73	0,71
17	0,75	0,62	1,33	1,42	1,46	1,36	0,74	0,79	0,88	0,77
18	0,66	0,86	0,78	0,84	1,30	1,10	0,86	0,84	0,85	0,83
19	0,88	0,81	1,28	1,09	1,62	2,39	0,89	0,77	1,01	1,19
20	1,20	1,35	0,84	0,80	1,64	1,55	1,08	1,32	0,82	0,84
21	0,63	0,51	0,92	0,97	1,60	1,53	0,79	1,41	0,99	1,95
22	1,06	0,90	0,74	0,69	0,72	0,69	0,77	0,73	0,81	0,78
23	0,71	0,50	0,71	0,74	1,29	1,16	0,96	1,07	1,17	0,73
24	0,69	0,86	0,68	0,62	1,19	1,34	1,16	0,95	0,62	0,65

Номера проб	Варианты									
	6		7		8		9		10	
	содержание никеля, %									
	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП
25	0,76	0,75	0,75	0,68	1,29	1,41	1,71	1,14	0,59	0,63
26	0,74	0,77	0,70	0,67	0,94	0,83	1,03	0,91	0,84	0,67
27	0,79	0,82	1,26	1,11	1,21	1,23	0,78	0,72	0,78	1,62
28	0,80	0,81	1,62	1,80	1,16	1,30	0,74	1,33	0,81	1,19
29	0,96	0,86	1,05	1,33	2,01	2,24	0,78	1,06	1,01	0,91
30	0,95	0,95	1,08	1,30	2,29	2,07	1,29	0,82	0,77	0,89
31	1,26	1,14	1,30	1,13	1,52	1,98	0,95	0,98	1,36	1,45
32	1,23	1,38	0,76	0,80	1,33	1,45	0,59	0,86	1,49	1,22

Таблица 4

**Сравнение содержаний меди в сплошных (С/БП) и линейно-точечных бороздовых пробах (ЛТ/БП)**

Номера проб	Варианты									
	11		12		13		14		15	
	содержание меди, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
1	1,86	1,54	1,72	1,46	1,90	1,62	0,72	0,94	0,46	0,65
2	0,55	0,78	0,73	0,99	0,65	0,57	0,83	0,71	0,77	0,92
3	0,34	0,28	0,25	0,23	0,43	0,34	0,57	0,36	0,84	0,73
4	2,17	3,46	2,84	3,64	2,34	3,28	0,38	0,55	1,52	1,24
5	1,56	1,59	1,53	1,50	1,61	1,68	1,44	1,32	1,13	1,95
6	0,71	1,18	0,96	0,72	0,97	1,63	2,26	2,38	2,96	1,07

Номера проб	Варианты									
	11		12		13		14		15	
	содержание меди, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
7	1,60	1,76	1,04	1,27	1,65	2,24	2,49	2,21	2,51	2,68
8	2,54	2,56	2,71	2,96	2,34	2,15	2,26	1,17	1,64	1,23
9	0,70	1,44	0,98	1,71	1,38	1,16	1,38	1,19	1,35	1,17
10	0,80	1,05	1,02	0,88	1,46	1,22	0,89	0,57	0,53	0,48
11	1,01	0,38	0,75	0,31	0,75	0,45	0,95	0,63	0,67	0,94
12	0,92	0,93	0,90	0,92	0,89	0,93	1,41	1,09	1,74	1,35
13	1,48	1,87	1,24	1,58	1,77	2,16	0,54	0,39	0,49	0,91
14	1,57	1,41	1,12	0,98	1,36	1,75	1,68	0,97	0,38	0,54
15	2,23	2,42	2,55	2,92	2,38	2,03	2,17	2,51	2,73	2,49
16	2,51	2,95	2,17	2,64	2,86	3,34	2,36	2,21	2,46	2,27
17	1,06	0,69	0,93	0,66	0,84	0,72	1,72	1,19	1,25	0,88
18	0,65	0,91	0,84	0,69	0,77	1,13	1,85	1,70	1,43	1,82
19	1,44	1,40	1,37	1,43	1,39	1,37	0,47	0,34	0,94	0,96
20	0,79	0,75	0,72	0,69	0,80	0,81	1,13	0,82	0,59	0,41
21	0,80	0,84	0,75	0,74	0,72	0,82	0,96	1,54	1,27	0,97
22	1,33	1,41	1,23	1,31	1,46	1,52	0,82	1,48	0,84	1,19
23	2,02	1,91	1,96	1,82	1,95	2,01	2,41	2,65	2,18	2,61
24	2,44	2,32	2,65	2,56	2,19	2,08	1,09	1,62	1,42	1,70
25	2,42	2,93	2,19	1,20	3,47	4,65	1,17	1,84	0,67	0,54
26	1,24	1,03	1,11	0,90	0,95	1,16	1,63	1,95	1,38	1,09
27	0,93	0,97	1,05	1,10	1,02	0,85	2,73	3,61	2,45	3,41
28	0,65	0,80	0,78	0,67	0,73	0,94	0,49	0,84	0,54	0,39
29	0,58	0,57	0,51	0,49	0,64	0,67	0,58	0,89	0,38	0,51

Номера проб	Варианты									
	11		12		13		14		15	
	содержание меди, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
30	0,77	0,69	0,62	0,60	0,61	0,78	1,62	1,46	1,26	1,60

Таблица 5

**Сопоставление содержаний серы в сплошных (С/БП) и линейно-точечных борздовых пробах (ЛТ/БП)**

Номера анализов	Варианты									
	16		17		18		19		20	
	содержание серы, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
1	9,53	9,09	9,37	9,80	8,94	8,38	16,51	15,64	11,52	12,86
2	3,43	3,98	3,54	3,96	3,47	4,00	12,22	10,85	9,47	11,19
3	2,56	2,13	2,01	1,64	2,83	2,62	9,37	10,26	11,65	11,44
4	6,45	5,69	6,20	6,34	5,18	5,58	9,04	9,07	9,13	9,70
5	6,49	6,03	6,35	6,84	6,45	6,14	19,95	16,48	17,94	19,32
6	3,35	2,90	3,04	2,87	2,41	2,66	12,63	12,21	13,81	13,35
7	7,99	7,49	7,66	8,34	7,29	6,64	7,28	10,09	10,19	12,06
8	11,21	10,36	11,38	12,22	9,85	8,50	7,41	6,25	6,33	7,62
9	24,52	15,09	15,96	10,40	16,36	19,78	5,17	5,19	5,74	5,48
10	13,91	15,37	14,47	16,06	16,11	14,67	13,34	13,06	12,97	12,41
11	5,86	9,47	6,35	8,30	7,49	10,64	12,72	13,41	11,65	11,18
12	4,75	4,19	4,39	4,78	3,93	3,46	12,93	12,80	11,52	11,29

Номера анализов	Варианты									
	16		17		18		19		20	
	содержание серы, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
13	6,47	4,72	5,74	4,09	6,17	5,35	9,45	9,07	7,24	7,85
14	6,35	6,40	5,43	4,65	6,72	6,87	16,98	18,01	19,37	20,86
15	13,00	11,56	11,97	12,52	12,19	10,79	12,06	10,03	13,45	11,68
16	12,88	10,70	13,04	11,26	12,19	10,00	13,08	11,62	11,71	12,24
17	16,59	18,70	19,13	21,00	18,23	16,40	6,59	6,03	5,32	4,57
18	9,64	9,40	7,52	7,38	11,45	11,22	6,74	4,26	5,48	4,93
19	12,19	12,78	11,15	11,62	13,64	13,92	4,51	4,92	4,95	4,86
20	12,07	13,54	11,86	11,51	17,01	15,56	5,65	9,11	6,59	8,04
21	13,83	13,40	12,19	12,94	13,57	13,87	13,12	15,78	14,73	15,65
22	5,51	5,81	5,47	5,94	5,39	5,68	14,26	15,95	15,68	12,04
23	7,04	6,62	6,83	7,16	6,51	6,08	11,13	10,67	11,85	12,37
24	7,32	10,60	9,31	12,40	11,32	8,80	7,71	7,92	7,78	8,45
25	12,16	12,02	13,08	13,93	10,56	10,12	3,54	3,06	3,41	2,73
26	19,59	16,64	17,19	19,43	15,13	13,86	6,95	6,33	6,54	6,49
27	9,80	9,90	9,81	9,87	9,92	9,92	6,59	5,98	6,07	6,41
28	9,83	10,11	11,46	11,94	8,39	8,28	2,64	2,35	2,10	1,49
29	12,62	10,18	9,14	11,33	10,04	9,02	3,31	3,79	3,42	3,61
30	16,35	15,86	11,45	12,08	18,93	19,64	9,36	9,92	9,75	9,09

позднемагматического месторождения хромитов, определенные химическим (ХА) и рентген–радиометрическим (РРА) способами.

Таблица 3 содержит данные по концентрациям никеля в пробах, отобранных в сопряженных скважинах механического колонкового и ударно-канатного бурения на гипергенном месторождении никеля. В табл. 4, 5 показаны содержания меди и серы в сопряженных сплошных и линейно-точечных бороздовых пробах, полученные при изучении медных руд гидротермального апоскарнового месторождения.

В лабораторной работе необходимо метрологически обоснованное заключение о возможности замены химического анализа более дешевым и оперативным рентген–радиометрическим, скважин механического колонкового бурения скважинами ударно-канатного или шарошечного бурения, сплошных бороздовых проб – линейно-точечными.

### Методические указания по выполнению работы.

Результаты определения свойств по сопряженным пробам обрабатываются методом корреляционного анализа с последующей графической интерпретацией в виде корреляционных диаграмм (полей) и метрологических карт.

Прежде всего рассчитываются статистические характеристики:  $\bar{V}, \bar{U}$  – средние значения;  $S_v$  и  $S_u$  – средние квадратические отклонения;  $r_{vu}$  – коэффициент корреляции; уравнение регрессии –  $U_i = a + bV_i$ . Затем рассчитываются фактические значения  $t_n$  – критерия Стьюдента и  $F_n$  – критерия Фишера. При расчетах используются следующие формулы:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (1.10)$$

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}, \quad (1.11)$$

$$S_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n}}, \quad (1.12)$$

$$S_u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2}{n}}, \quad (1.13)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})(U_i - \bar{U})}{n \cdot S_v \cdot S_u}, \quad (1.14)$$

$$b = r \frac{S_u}{S_v}, \quad (1.15)$$



$$a = \bar{V} - b\bar{U}, \quad (1.16)$$

$$F_{\text{H}} = \frac{S_v^2}{S_u^2}, \quad (1.17)$$

$$t_{\text{H}} = \frac{|\bar{V} - \bar{U}|}{\sqrt{\frac{S_v^2 + S_u^2 - 2 \cdot r \cdot S_v \cdot S_u}{n}}}.$$

Найденные значения  $t_{\text{H}}$  и  $F_{\text{H}}$  сравниваются с табличными [3] при 5 % уровне значимости. По критерию  $F$  делается вывод по равнозначности  $U_i$  и  $V_i$ , а по критерию  $t$  – о наличии или отсутствии классической систематической погрешности в рядовых пробах по сравнению с контрольными.

**Метрологические характеристики** рассчитываются по формулам

$$S_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - U_i)^2}{2n}}, \quad \delta_o = \frac{2S_a}{\bar{V} + \bar{U}} \cdot 100,$$

$$\hat{S}_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - U_i)^2}{n}}, \quad \hat{\delta}_o = \frac{2\hat{S}_a}{\bar{V} - \bar{U}} \cdot 100,$$

$$\Delta_{\text{C}} = \bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - U_i)}{n} = \bar{V} - \bar{U},$$

где  $S_a, \hat{S}_a$  – абсолютные средние случайные погрешности сопряженных измерений, характеризующие воспроизводимость или точность измерений;  $\delta_o, \hat{\delta}_o$  – относительные средние случайные погрешности сопряженных измерений;  $\Delta_{\text{C}}$  или  $\bar{d}$  – абсолютная систематическая погрешность. При этом формулы (1.19), (1.20) применяются для равнозначных, а формулы (1.21), (1.22) – для неравнозначных измерений.

**Категорию точности** можно определить по показателю точности (ПТ), аналогичному категории точности аналитических определений [3] по формулам:

$$\text{ПТ} = \delta_o / \delta_{a/x}, \quad (1.24)$$

$$\text{ПТ} = \delta'_o / \delta_{a/x}, \quad (1.25)$$

где  $\delta_{a/x}$  – допустимая относительная средняя случайная погрешность химического анализа на определение компонентов [4]. Выделяется 4 категории точности: 1) высокая точность ( $0 < \text{ПТ} \leq 2$ ); 2) средняя точность ( $2 < \text{ПТ} \leq 4$ ); 3) удовлетворительная точность ( $4 < \text{ПТ} \leq 6$ ); 4) неудовлетворительная точность ( $\text{ПТ} > 6$ ).

Предъявляемые инструкциями ГКЗ требования к точности определения содержаний компонентов с учетом классов содержаний представлены в табл. 6.

Таблица 6

**Предельные значения относительных погрешностей  
химических анализов**

Компоненты	Классы содержаний (массовая доля), %	Относительная погрешность $\delta_{a/x}$ , %
Триоксид хрома	40-60	1,2
Никель	0,2-0,5	10,0
	0,5-1,0	7,0
	1,0-2,0	5,0
Медь	0,5-1,0	8,5
	1,0-3,0	5,5
	3,0-5,0	4,5
Сера	1-2	9,0
	2-10	6,0
	10-20	2,0

Графическое отображение расчетов сопряженных измерений и их интерпретация производится наиболее наглядно с помощью метрологических карт обработки сопряженных измерений [2]. **Метрологическая карта** – это поле корреляции с нанесенными на него метрологическими элементами: линией равенства ( $U_i = V_i$ ), линией регрессии ( $U_i = a + bV_i$ ), контуром эллипса рассеяния и линией допустимых погрешностей. При построении области допустимых погрешностей используются в нашем случае абсолютные средние случайные по-

грешности  $S_a$  и  $S'_a$ , значения которых откладываются по вертикали вверх и вниз от точек линии равенства. Анализ метрологической карты позволяет: 1) выявить и оценить промахи, постоянную и знакопеременную систематическую погрешность, правильность (верность) контролируемого (вновь предлагаемого) метода по отношению к контрольному; 2) провести аудиторскую проверку точности и правильности расчета статистических характеристик корреляционного анализа. Главное предназначение метрологической карты – оценка значимости знакопеременной систематической погрешности, которая не может быть выявлена и оценена классическим корреляционным анализом. Решения о наличии знакопеременной систематической погрешности принимаются по соотношению линии регрессии и области допустимых значений, ограниченной линией допусков. Знакопеременная систематическая погрешность считается установленной, если линия регрессии  $U = a + bV$  выходит за пределы допустимой области в диапазоне исследуемых значений свойства.

В настоящей лабораторной работе все статистические и метрологические характеристики, а также метрологическая карта, рассчитываются с использованием специальной компьютерной программы «Сопряженные измерения». При ее реализации на дисплей выводится: 1) таблица статистических характеристик; 2) таблица метрологических характеристик; 3) корни уравнения эллипса; 4) метрологическая карта сопряженных измерений. В качестве примера в табл. 7 – 9 приведены результаты математической обработки содержаний цинка в 20 сопряженных эталонных (сплошных бороздовых) и линейно-точечных (из 10 точек) пробах, отобранных из руд на медноцинковом колчеданном месторождении, а на рис. 2 – метрологическая карта.

Анализ таблиц 7 – 9 и метрологической карты позволяет сделать следующие выводы: поскольку фактически значение критерия  $t_n$  – меньше табличного  $t$ , то классическая систематическая погрешность статистически незначимая; знакопеременная систематическая погрешность отсутствует, так как линия регрессии не выходит за пределы доверительной области на рис. 2. Следовательно, линейно-точечные пробы верно (правильно) отражают содержания относительно эталонных сплошных бороздовых проб. По показателю точности (ПТ) линейно-точечные пробы относятся к средней категории.

Таблица 7

### Статистические характеристики в сопряженных бороздовых пробах

Виды проб	Статистические характеристики				Критерии различия			
	число проб, $n$	средние значения, $\bar{U}, \bar{V}$	средние квадратические отклонения, $S_u, S_v$	коэфф. корреляции, $r_{uv}$	стьюдента, $t_n$	$t_{\text{табл}}, \alpha=0,05$	Фишера, $F_n$	$F_{\text{табл}}, \alpha=0,05$
Сплошные бороздовые ( $U_i$ )	20	5,51	3,12	0,96	0,19	2,03	1,02	2,22
Линейно-точечные из 10 точек ( $V_i$ )	20	5,47	3,15					
Уравнение регрессии $U_i=0,33+0,95V_i$								

Таблица 8

### Метрологические характеристики сопряженных проб

Виды проб	Средняя квадратич. случайная относительная погрешность разностей содержания, $S_a, \%$	Средняя квадратич. случайная относительная погрешность разностей содержания, $\delta_o, \%$	Допустимая средняя квадратич. случайная относительная погрешность хим. анализа, $\delta_{a/x}, \%$	Показатель точности, ПТ	Классическая систематическая абсолютная погрешность, $\bar{d}$	Заключение о систематической погрешности метода	
						классическая (по критерию $t_n$ )	знакопеременная (по метрологической карте)
Сплошные и линейно-точечные (из 10 точек)	0,66	12,01	3,5	3,43	-0,42	Незначимая	Отсутствует

## Корни уравнений эллипса

Значения содержания цинка (%) в линейно-точечных пробах, $V_i$	0,26	1,55	2,83	4,12	5,41	6,70	7,89	9,27	10,56	11,84
Значения нижних корней, $E_1$	0,19	0,14	0,90	2,02	3,20	4,45	5,76	7,15	8,63	10,26
Значения верхних корней, $E_2$	2,25	3,74	5,13	6,45	7,70	8,89	10,02	11,07	12,02	12,82

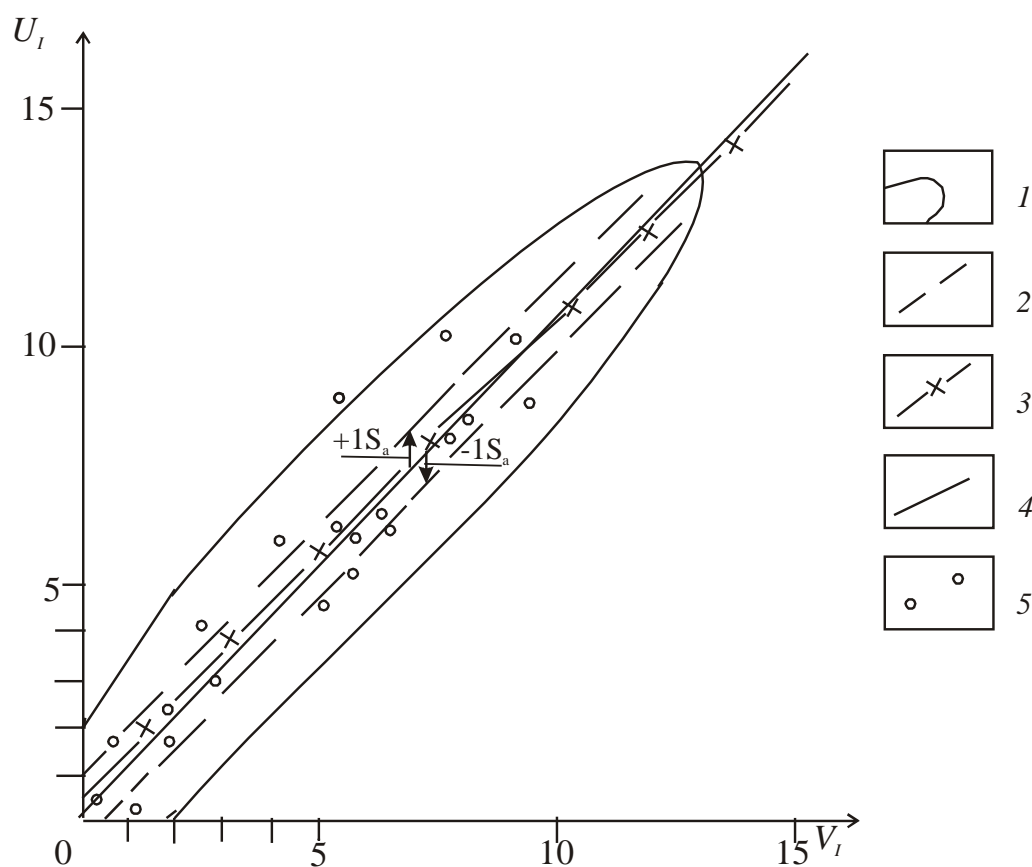


Рис. 2. Метрологическая карта сопряженных измерений содержаний цинка (%) в сплошных ( $U_i$ ) и линейно-точечных ( $V_i$ ) бороздовых пробах:

1 - контур эллипса; 2 - линии допуска; 3 - линия регрессии;  
4 - линия равенства; 5 - точки сопряженных измерений (проб)

Таким образом, линейно-точечные бороздовые пробы являются метрологически достоверными и могут вполне заменять более трудоемкие по отбору сплошные бороздовые пробы.

**Ход выполняемой работы:** каждый студент получает конкретный вариант задания из табл. 2-5, после чего вводит данные в персональный компьютер и получает результаты расчетов. При составлении отчета по работе результаты компьютерных расчетов обобщаются в виде таблиц 7 – 9 и рис. 2.

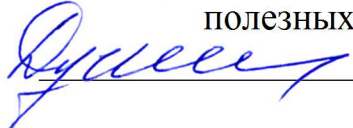
Время выполнения лабораторной работы – 2 часа.

### Список литературы:

1. *Каждан, А. Б.* Разведка месторождений полезных ископаемых / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1977. – 327 с.
2. *Панов, Ю. К.* Опробование твердых полезных ископаемых: учеб. пособие / Ю. К. Панов. – Екатеринбург: УГГГА, 1998. – 102 с.
3. *Поротов, Г. С.* Математические методы моделирования в геологии: учебник / Г. С. Поротов. – СПб.: 2006. – 223 с.
4. *Волков, В. Н.* Геологическая документация и опробование поисково-разведочных выработок: уч. пособие / В. Н. Волков. – СПб.; 2007. – 120 с.
5. *Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых.* – М.: ГКЗ, 1998. – 319 с.
6. *Сидорков, Е. А.* Поиски и разведка драгоценных и поделочных камней: уч. пособие / Е. А. Сидорков, П. И. Кушнарев. – М.: МГРИ, 1987. – 89 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.16 ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Для обучающихся специальности  
**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация  
***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых  
полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
геологии, поисков и разведки МПИ

*наименование кафедры*

Протокол № 1 от 23.09.2021 г

*дата*

*Екатеринбург*

## СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№ раздела	Основное содержание
1	<b><i>Условия формирования и размещения техногенных ресурсов и месторождений</i></b> Состояние проблемы. История исследования техногенных месторождений. Термины и понятия. Техногенез и литотехногенез. Техногенные процессы и формирование техногенных месторождений. Условия формирования и положение техногенных месторождений в геологических структурах
2	<b><i>Классификация техногенных месторождений и их главные типы</i></b> Существующие классификации, их недостатки и достоинства. Генетическая классификация техногенных месторождений. Главные типы техногенных месторождений: черной металлургии, цветной металлургии, топливно-энергетической отрасли, химического производства, прочие техногенные месторождения.
3	<b><i>Особенности состава техногенного сырья и направления использования</i></b> Особенности минерального и химического состава техногенного минерального сырья.
4	<b><i>Техногенные месторождения, сформированные предприятиями черной и цветной металлургии</i></b> Рассматриваются техногенные месторождения чёрной металлургии (железорудной промышленности и ферросплавного производства), цветной металлургии (медной, алюминиевой и никелевой), а также месторождения благородных и редких металлов по генетическим группам и классам (отвалы, хвостохранилища) и примеры техногенных месторождений.
5	<b><i>Техногенные месторождения топливно-энергетической отрасли и предприятий химического производства</i></b> Рассматриваются техногенные месторождения топливно-энергетической отрасли и предприятий химического производства по генетическим группам и классам. Приводятся примеры наиболее характерных месторождений.
6	<b><i>Особенности геологических исследований техногенных месторождений.</i></b> Особенности исследований минерального сырья и химического состава техногенного и минерального сырья. Стадии геологического изучения техногенных месторождений: ревизионно-оценочные и разведочные работы и их содержание.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Освоение лекционного курса

#### 2.

Лекции по дисциплине "Техногенные месторождения полезных ископаемых" дают главный материал как по теории, так и практике исследований данных объектов. Изучение данной дисциплины обусловлено целым рядом причин: с одной стороны, истощение минерально-сырьевых ресурсов требует нахождения новых источников минерального сырья, с



другой стороны - накоплены большие объемы не используемых отходов различных отраслей промышленности. Как следствие, в настоящее время появляется множество данных по дисциплине, включая и зарубежные источники. Это требует после прослушивания лекции обращаться к соответствующей рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучение дополнительного материала по теме для последующего выполнения практических занятий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

## **2. Подготовка, выполнение и оформление практических занятий**

Практические занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о вещественном составе техногенного сырья по методическим указаниям, имеющимся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение конкретных техногенных месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации техногенных месторождений.

Методические аспекты изучения техногенных месторождений закрепляются в рамках практических занятий с учетом существующих для техногенных месторождений нормативных документов. Особое внимание следует обратить на оценку состояния природной окружающей среды и расчет коэффициента суммарного химического загрязнения.

Чтобы исследовательские практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение в решении

практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

### **3. Рекомендации по работе с литературой**

Изучение литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить используя следующие рекомендации.

1. Составить перечень книг, с которыми следует познакомиться, ориентируясь на источники, содержащие необходимый материал.

2. Систематизировать перечень источников (для экзаменов, для написания научных работ).

3. Зафиксировать все выходные данные по каждой книге.

4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. Целесообразно проконсультироваться с преподавателем или иным специалистом.

5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).

6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте - это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.

### **4. Подготовка к экзамену**

На экзамене будут оценены полученные в процессе обучения знания. Примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже.

1. Анализ существующих классификаций техногенных месторождений
2. Техногенез, литотехногенез и условия формирования техногенно-минерального сырья.
3. Вторичная зональность техногенных месторождений
4. Типы техногенного минерального сырья.
5. Области использования минерального сырья.
6. Характеристика техногенных месторождений железорудной промышленности.
7. Характеристика техногенных месторождений производства ферросплавов.
8. Характеристика техногенных месторождений медной подотрасли цветной металлургии.

9. Характеристика техногенных месторождений алюминиевой подотрасли цветной металлургии.
10. Характеристика техногенных месторождений никелевой подотрасли цветной металлургии.
11. Характеристика техногенных месторождений благородных металлов.
12. Характеристика техногенных месторождений топливно-энергетической отрасли
13. Характеристика техногенных месторождений химического производства
14. Экологические проблемы техногенных месторождений.
15. Стадийность исследования техногенных месторождений.

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену ликвидируются имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по дисциплине «Техногенные месторождения полезных ископаемых».

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ**

### **а) Основная литература**

Душин В.А., Макаров А.Б. Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых.-Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. - 224 с.

*Макаров А.Б.* Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала. Научное издание.-Екатеринбург: УГГУ, 2006.-206 с.

*Макаров А.Б. и др.* Техногенно-минеральные месторождения Урала (особенности состава и методология исследований)/М., 1999, 41 с.

*Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Геология». Часть 5 – Техногенные образования/ А.Б.Макаров, В.В.Григорьев.* Екатеринбург: УГГГА, 1997, 27 с.

*Методическое руководство по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений ЛКЗ* Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. М., 1999, 51 с.

### **б) Дополнительная литература**

*Ермолов В.А., Мосейкин В.В.* Научно-методические аспекты оценки и моделирования техногенных месторождений//Известия вузов. Геология и разведка, 1997. №1 С.94-100

*Макаров А.Б.* Техногенные месторождения минерального сырья//Соросовский образовательный журнал, 2000. №8. С.94-100.

*Макаров А.Б.* Особенности генетической классификации техногенно-минеральных месторождений//Новые идеи в научной классификации: Коллективная монография. Вып.5. Екатеринбург:

УрО РАН, 2010. С.305-313.

*Макаров В.А.* Геолого-технологические основы ревизии техногенного минерального сырья на золото. Красноярск, 2001. 132 с.

*Мормиль С.И., Сальников В.Л., Амосов А.А. и др.* Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду. Екатеринбург, 2002. 206 с.

*Семячков А.И., Балашенко В.В., Косолапов О.В.* Эколого-экономическая оценка техногенно-минеральных образований/ Под ред. академика РАН А.И.Татаркина. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2009. 196 с.

*Техногенные ресурсы минерального строительного сырья/ Е.С.Туманова, А.Н.Цибизов, Н.Т.Блоха и др.* М.: Недра, 1991, 208 с.

*Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б.* Классификация техногенных месторождений: основные категории и понятия//Горный журнал, 1989. № 12, с. 6-9.

*Туманова Е.С., Туманов Р.Р.* Минеральное сырье. Сырье техногенное//Справочник. М: ЗАО «Геоинформмарк», 1998, 44с.

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный горный университет»



В. В. Сынбулатов, Д. В. Прищепа

## **БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и  
выполнению практических работ по дисциплине  
«Буровзрывные работы» для студентов специальности  
21.05.02 «Прикладная геология»*

Екатеринбург

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-  
технологического факультета

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Председатель комиссии

\_\_\_\_\_ ст.преп. Н. В. Колчина

В. В. Сынбулатов, Д. В. Прищепа

## **БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ**

*Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению  
практических работ по дисциплине  
«Буровзрывные работы» для студентов специальности  
21.05.02 «Прикладная геология»*

*Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,  
д-р техн. наук.*

Печатается по решению Редакционно-издательского совета  
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Буровзрывные работы» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология» / В. В. Сынбулатов, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 65 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины.

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов, выполнению контрольных и практических заданий всех специализаций специальности 21.05.02 «Прикладная геология» по курсу «Буровзрывные работы».

© Уральский государственный  
горный университет, 2019  
©Сынбулатов В.В., Прищепа Д. В.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА .....	6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ.....	19
Практико-ориентированное задание №1 .....	19
Практико-ориентированное задание №2 .....	23
Практико-ориентированное задание №3 .....	26
Практико-ориентированное задание №4 .....	30
Практико-ориентированное задание №5 .....	32



## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 144 часов или 4 зачетных единиц.

По курсу «Буровзрывные работы» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий; подготовка и защита контрольной работы.* Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

## 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Технология и безопасность взрывных работ». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

### Тема 1. Краткая история развития взрывных работ.

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

*Литература:* [1]

#### *Контрольные вопросы:*

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования.

### Тема 2. Современные виды взрывных работ.

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

*Литература:* [1]

#### *Контрольные вопросы:*

1. Назовите современные виды взрывных работ.
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

### Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

*Литература:* [1, 5]

#### *Контрольные вопросы:*

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин.
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

### Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

*Литература:* [1, 5]

#### *Контрольные вопросы:*

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.

2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

#### **Тема 4. Вращательный способ бурения.**

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

**Литература:** [1, 5]

##### ***Контрольные вопросы:***

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

#### **Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.**

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий подачи на инструмент.

**Литература:** [1, 5]

##### ***Контрольные вопросы:***

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи.
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно-вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения.

#### **Тема 6. Шарошечное бурение.**

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

**Литература:** [1, 5]

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения.

### **Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.**

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

**Литература:** [1, 3]

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

### **Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.**

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

**Литература:** [1, 2]

**Контрольные вопросы:**

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

### **Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.**

Начальный импульс. Виды начального импульса. Иницирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

**Литература:** [1]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсibilизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

**Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.**

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

**Литература:** [1, 2, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

**Тема 11. Основные положения теории детонации.**

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

**Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.**

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ. Метод Дотриша. Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.

3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

### **Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.**

Группы факторов влияющие на скорость и устойчивости детонации.

Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации.

Влияние условий взрывания на скорость детонации.

**Литература:** [1, 3]

#### ***Контрольные вопросы:***

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации.

### **Тема 14. Работа взрыва.**

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

**Литература:** [1, 3]

#### ***Контрольные вопросы:***

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

### **Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.**

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

**Литература:** [1, 2]

***Контрольные вопросы:***

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

**Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.**

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва.
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

**Тема 17. Действие взрыва.**

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

**Литература:** [1, 3]

***Контрольные вопросы:***

1. Отрадите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?
4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

**Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.**



Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения.

**Литература:** [1, 2, 4, 6]

**Контрольные вопросы:**

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки.
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

**Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.**

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

**Литература:** [1, 2, 7]

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные свойства гранулозола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

**Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.**

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

**Литература:** [1, 2, 7]

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

**Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.**

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

**Литература:** [1, 2, 7]

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислите названию взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

**Тема 22. Методы производства взрывных работ.**

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

**Литература:** [1, 3]

**Контрольные вопросы:**

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

**Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.**

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов.

Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов; их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

**Литература:** [1, 3]

**Контрольные вопросы:**

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

**Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.**

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

**Литература:** [1, 3]

**Контрольные вопросы:**

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным способом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?
5. Какова величина предельного содержания метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

**Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.**

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, зарядание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

**Литература:** [1, 3]

**Контрольные вопросы:**

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном зарядании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

**Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.**

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

**Литература:** [1, 3]

**Контрольные вопросы:**

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному  $q_0$  с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывания зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.
4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

**Тема 27. Метод камерных зарядов.**

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет. Камерные заряды на сброс и их расчет.

**Литература:** [1, 3]

**Контрольные вопросы:**

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

### **Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.**

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

**Литература:** [1, 3]

#### ***Контрольные вопросы:***

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

### **Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.**

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

**Литература:** [1, 4, 6, 8]

#### ***Контрольные вопросы:***

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

### **Тема 30. Персонал для взрывных работ.**

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

**Литература:** [1, 4, 6, 8]

#### ***Контрольные вопросы:***

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?

3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему складу взрывчатых материалов.

### 3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

#### Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептур промышленных взрывчатых веществ.

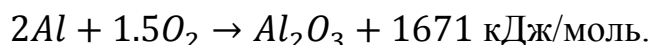
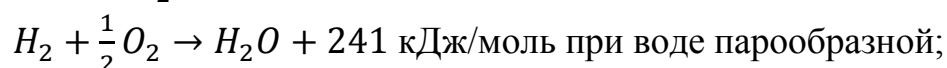
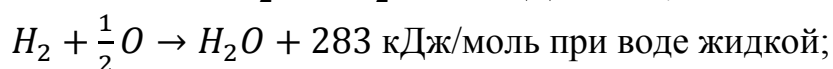
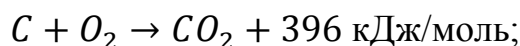
#### *Краткая теория*

#### *Определение кислородного баланса*

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший окисел.

Реакции полного окисления:



Следовательно, если ВВ имеет состав в виде  $C_aH_bN_cO_d$ , то кислородный баланс (%)

$$K_G = \frac{\left[ d - \left( 2a + \frac{b}{2} \right) \right] \cdot 16}{M_{ВВ}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода;  $M_{ВВ}$  – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

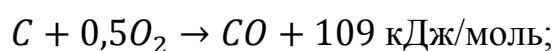
нулевой кислородный баланс;  
при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.



либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции



*Пример 1.* Определить кислородный баланс тротила  $C_7H_5(NO_2)_3$ , относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо  $2a + b/2$  или  $2 \cdot 7 + 5/2 = 16,5$  атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода.

Следовательно,

$$K_6 = \frac{[6 - (2 \cdot 7 + \frac{5}{2})] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

*Пример 2.* Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры  $NH_4NO_3$  и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен +20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0,3 \cdot 20 + 0,7 \cdot -74 = -45,5\%.$$



## *Составление рецептуры промышленных ВВ*

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделяться не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6,5 и 2,5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие.

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[\text{КБ}_{\text{ДТ}}]}{[\text{КБ}_{\text{АС}}]}$$

где  $\text{КБ}_{\text{ДТ}}$  – кислородный баланс дизельного топлива;

$\text{КБ}_{\text{АС}}$  – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1 + n}$$
$$x = \frac{100}{1 + 16} = 5,9 \%$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5,9 = 94,1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

94,1% аммиачной селитры; 5,9% дизельного топлива.

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с пулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) и тротила ( $\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$ ).

Кислородный баланс тротила  $-74\%$ , относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры  $+20\%$ , относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x(-74\%) + (100 - x) 20\% = 0,$$

где  $x$  – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что  $x \approx 21\%$  и  $(100 - x) = 79\%$ . Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через  $y$ , число молей тротила через  $z$ . Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10,7z.$$

Приняв  $z = 1$ , получим  $y = 10,7$ .

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид



Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 3% солярового масла  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$  (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла  $x$ , аммиачной селитры  $y$ , алюминиевой пудры  $z$ , можно написать химическую формулу в виде



В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3}; \quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда  $y = 83,9x$ ;  $z = 22,4x$ .

Примем  $x = 1$ , тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид



## Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

### *Краткая теория*

#### Расчет идеальной работоспособности ВВ

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями ( $dQ$ ). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е.  $dQ = 0$ . В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравнивается противодействием среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$A_{и} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где  $\overline{C_V}$  - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от  $T_1$  до  $T_2$ ;

$T_1$  - начальная температура взрыва;

$T_2$  - конечная температура ПВ.

Для газовых взрывааемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида  $pV^y = \text{const}$ , пользуясь уравнением Клайперона ( $PV'=RT$ ), получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

где  $Q_{взр}$  - потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

$V_1$  и  $V_2$  - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м<sup>3</sup>/кг;

$P_1$  и  $P_2$  - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$y = C_p/C_v$  – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета  $A_u$  конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе ( $P_2 = 1,01 \cdot 10^5$  Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{взр} \left(1 - \left(\frac{1,01 \cdot 10^5}{P_{ПВ}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

#### Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{взр} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина  $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$  - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \quad (2.10)$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \quad (2.11)$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности ( $A_u$ ) и полного термодинамического КПД ( $\Pi$ ) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты,  $y = C_p/C_v$ . Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то  $y = 1,25$ . Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то  $y = 1,2$ . Величина  $y$  снижается (соответственно снижается  $A_u$  и  $\eta$ ), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl,  $Al_2O_3$  и др.). В этих случаях  $y = 1,15$ , и  $1,05$ .

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания  $900 \text{ кг/м}^3$  и следующих параметрах взрывного превращения:

$$V_{\text{нв}} = 0,86 \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$Q_{\text{взр}} = 4300 \text{ кДж/кг};$$

$$T_{\text{взр}} = 2600^\circ \text{ К}.$$

Для расчета показатель адиабаты принимается  $y=1,25$ . Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1,01 * 10^5 * 0,86 * 2600 * 900}{273 * (1 - 0,001 * 0,86 * 900)} = 3,3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left( 1 - \left( \frac{1,01 * 10^5}{P_{\text{ПВ}}} \right)^{\frac{y-1}{y}} \right) = 4300 * \left( 1 - \left( \frac{1,01 * 10^5}{3,3 * 10^9} \right)^{\frac{1,25-1}{1,25}} \right) = 3762,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762,2}{4300} = 0,875$$

или  $\eta = 87,5\%$

### Практико-ориентированное задание №3

#### Расчет скважинного заряда при уступной отбойке на карьере

**Цель работы** – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ при использовании скважинной отбойки при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

#### Краткая теория

При разработке месторождений открытым способом (на карьерах и разрезах) используют в основном метод скважинных зарядов. В слабых породах используют вращательное (шнековое) бурение. В более прочных породах преобладает шарошечное бурение. В крепчайших породах с коэффициентом крепости  $f > 14-16$  наиболее эффективно термическое бурение скважин. Скважины на уступе карьера располагают в один или несколько рядов по различным схемам в зависимости от свойств разрушаемых пород и требуемой конфигурации забоя. Расположение скважин на уступе характеризуют следующими показателями (рис. 1):

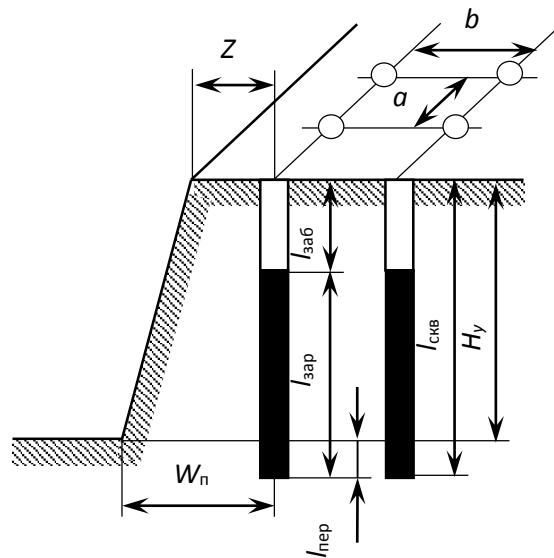


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

$H_y$  – высота уступа, м;

$W_n$  – линия сопротивления по подошве (ЛСПП);

$a$  – расстояние между скважинами, м;

$b$  – расстояние между рядами скважин, м;

$Z$  – безопасное расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, м;

$l_{зар}$  – длина заряда, м;

$l_{пер}$  – длина перебура, м;

$l_{заб}$  – длина забойки, м;

$l_{скв}$  – длина (глубина) скважины, м;

$\alpha$  – угол откоса уступа.

Характеристики и расположение скважин в первую очередь зависят от удельного расхода ВВ. Оптимальная величина удельного расхода ВВ определяется множеством факторов. При этом определяющую роль играют свойства разрушаемого массива, размеры его блоков (расстояние между трещинами), степень и качество заполнения трещин, их расположение относительно вектора смещения породы и т. п. Учесть все эти факторы в единой теоретической модели не представляется возможным. Поэтому во многом оптимальные параметры процесса определяются путем опытного взрывания и интерпретации его результатов на основе общефизических представлений.

Удельный расход «эталонного» ВВ ( $q_э$ ) может быть определен по данным таблицы 1.

Таблица 3.1

**Эталонный удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>**

Категория пород по степени трещиноватости	Коэффициент крепости горных пород $f$ по шкале проф. М. М. Протоdjeяконова			
	2 - 6	6 - 10	10 - 14	более 14
I	0,2	0,25	0,3	0,35
II	0,3	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,5	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,9
V	0,9	1,0	1,1	1,2

**Реальный удельный расход ВВ** рекомендуется определять путем введения серии поправочных коэффициентов, учитывающих тип ВВ, конструкцию заряда, наличие свободных поверхностей, заданную степень дробления и др:

$$q_p = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_{гп}}{2,6}, \quad (3.1)$$

где  $q_э$  – эталонный расход Граммонита 79/21, кг/м<sup>3</sup>;

$e$  – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_{эт} / A_{ВВ}, \quad (3.2)$$

$A_{эт} = 3560$  кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Граммонит 79/21);

$A_{ВВ}$  – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

$k_d$  - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

$\rho_{гп}$  – плотность горных пород, т/м<sup>3</sup>.

Таблица 3.2

**Значения поправочного коэффициента на кондиционный размер куска  $k_d$**

Допустимый размер крупных кусков, мм	250	500	750	1000	1250	1500
$k_d$	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

**Диаметр заряда** определяется диаметром рабочего органа буровой машины (долота, коронки или резца)  $d_{\text{СКВ}}$  с учетом характеристик разрабатываемых пород:

$$d_{\text{зар}} = k_p d_{\text{СКВ}}, \quad (3.3)$$

где  $k_p = 1,06 - (f - 2) 0,003$  – коэффициент расширения скважин.

**Удельная вместимость 1 м скважины:**

$$P = 0,785 \cdot d_{\text{зар}}^2 \cdot \Delta, \quad (3.4)$$

где  $\Delta$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность заряда в скважине.

**Линия сопротивления по подошве** (ЛСПП) для одиночной скважины:

$$W_{\text{п}} = 0,9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_p}}, \quad (3.5)$$

В соответствии с правилами безопасности при бурении первого ряда скважин станок располагается перпендикулярно верхней бровке уступа, за призмой обрушения, но не ближе 2 м от верхней бровки уступа, поэтому минимально допустимая по условиям безопасного расположения бурового станка линия сопротивления по подошве ( $W_{\text{min}}$ ) для вертикальных скважин рассчитывается из соотношения

$$W_{\text{min}} = H_y \text{ctg } \alpha + Z, \quad (3.6)$$

где  $\alpha$  – угол откоса рабочего уступа, град;

$Z$  – ширина призмы обрушения,  $Z \geq 2$  м.

Величина принимаемой при расчетах линии сопротивления по подошве ( $W_{\text{п}}$ ) должна удовлетворять соотношению:

$$W_{\text{min}} < W_{\text{п}}. \quad (3.7)$$

Если значения  $W_{\text{min}} > W_{\text{п}}$ , это означает, что принятые параметры скважин и характеристики ВВ не обеспечивают проработку подошвы уступа. В этом случае следует изменить диаметр скважины, тип применяемого ВВ или перейти к наклонным скважинам.

**Глубина перебура:**

$$l_{\text{пер}} = (10 \div 15) \cdot d_{\text{СКВ}} \quad (3.8)$$



**Глубина забойки:**

$$l_{\text{заб}} = (20 \div 35) \cdot d_{\text{СКВ}} \quad (3.9)$$

**Глубина скважины:**

$$l_{\text{СКВ}} = H_y + l_{\text{пер}} \quad (3.10)$$

**Расстояние между скважинами в ряду:**

$$a = mW_{\text{п}}, \quad (3.11)$$

где  $m = 0,8 - 1,4$  - коэффициент сближения скважин; меньшее значение  $m$  принимается для крепких пород.

**Расстояние между рядами скважин:**

$$b = (0,9-1,0)W_{\text{п}}. \quad (3.12)$$

**Масса заряда в скважине:**

$$Q = q_p \cdot a \cdot W_{\text{п}} \cdot H_y \quad (3.13)$$

**Длина заряда:**

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q}{P}. \quad (3.14)$$

**Задание:** рассчитать параметры буровзрывных работ при скважинной отбойке в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

## Практико-ориентированное задание №4

### Расчёт безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов

**Цель работы** – овладение методикой расчета безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов.

При определении зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов на земной поверхности, следует выделять и отдельно рассчитывать безопасные расстояния для людей зданий и сооружений, машин и механизмов.

При взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) расстояние опасное для людей, рассчитывается по формуле:

$$r_{разл} = 1250 \cdot h_3 \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + h_{заб}} \cdot \frac{d}{a}} \quad (4.1)$$

где  $h_3$  – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$h_3 = \frac{l_{зар}}{l_c}, \quad (4.2)$$

$l_{зар}$  – длина заряда ВВ, м;

$l_{зар}$  – глубина скважины, м;

$f$  – коэффициент крепости горных пород;

$h_3$  – коэффициент заполнения скважины забойкой:

$$h_3 = \frac{l_{заб}}{l_n}, \quad (4.3)$$

$l_{заб}$  – длина забойки, м;

$l_n$  – длина свободной от заряда верхней части скважины, м;

$d$  – диаметр взрывающей скважины, м;

$a$  – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

Расчётные значения радиусов разлета осколков округляются в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое безопасное расстояние не должно быть меньше указанных в табл. 4.1.

**Минимально допустимые безопасные расстояния для людей при  
взрывных работах**

№ п/п	Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
1.	Наружных зарядов, в том числе кумулятивных	300 (по проекту)
2.	Шпуровых зарядов	200
3.	Котловых шпуров	200
4.	Малокамерных зарядов (рукавов)	200*
5.	Скважинных зарядов	Не менее 200**
6.	Котловых скважин	Не менее 300
7.	Камерных зарядов	Не менее 300

\* - при взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

\*\* - радиус опасной зоны указан для взрывания зарядов с забойкой.

## **Практико-ориентированное задание №5**

Составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

**Цель работы** – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

### ***Краткая теория***

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

### ***5.1. Общие положения***

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и расположения

их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

## **5.2. Определение параметров буровзрывных работ**

### **5.2.1. Выбор взрывчатых материалов**

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 5.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 5.1

## Рекомендуемые ВВ

Условия взрывных работ	Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости пород $f$	Тип ВВ	Способ заряжания
Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли	Сухие шпуры	до 12	Гранулит М Граммонит 79/21 Гранулит АС-4В Гранулит-игданит	Механизи- рованный
			Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Гранулит АС-8В	Механизи- рованный
			Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	Ручной
	Обводнённые шпуры	до 12	Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	
Выработки, опасные по взрыву газа и пыли	Сухие и обводнённые шпуры	Для взрывания по породе	Аммонит АП-5ЖВ	Ручной
		Для взрывания по углю с учетом степени опасности	IV кл. Аммонит Т-19 Аммонит ПЖВ-20 V кл. Угленит Э-6 VI кл. Угленит 12ЦБ	
	Для водораспыления	Открытый заряд	Ионит	

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непридохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

## Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м <sup>3</sup>	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м <sup>3</sup>	Расстояние передачи детонации между патронами, см		Диаметр патронов, мм	Масса патрона, кг	Длина патрона, мм
					Сухие	После выдержки в воде			
Аммонит № 6ЖВ	3561	1000-1100	3917	1,0	5-9	3-6	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал М-10	4410	950-1100	4520	1,15	4	3	32	0,2	250
Детонит М	4316	1000-1200	4963	1,27	8-18	5-15	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал скальный № 1	4420	1000-1100	4641	1,18	8-14	5-10	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонит АП-5ЖВ	2991	1000-1150	3215	0,82	5-10	2-7	36	0,3	250
Аммонит Т-19	2564	1000-1200	2820	0,72	7-12	4-8	36	0,3	240
Угленит Э-6	1946	1100-1250	2289	0,58	5-12	3-10	36	0,3	240
Угленит 12 ЦБ	1770	1200-1350	2256	0,58	4	2	36	0,3	240
Ионит	1482	1000-1200	1704	0,44	–	–	36	0,3	240
Гранулит М	3163	780-820 (1000-1150)*	3384	0,86					
Гранулит АС-4В	3645	800-850 (1100-1200)*	4192	1,07					
Гранулит АС-8В	3997	800-850 (1100-1200)*	4597	1,17					
Гранулит-игданит	3150	800-850 (1100-1200)*	3760	0,85					

\* Плотность при механизированном зарядании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 5.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 5.3

**Электродетонаторы для шахт и рудников**

Тип электродетонаторов	Кол-во серий	Интервалы замедления, мс (с)	Безопасный ток, А	Гарантийный ток, А	Сопротивление, Ом	Примечание
ЭД-8Ж(Э)	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы непригодные для нормальной чувствительности
ЭД-3-Н	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭД-1-8-Т	1	0	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непригодные для пониженной чувствительности к блуждающим токам
ЭД-3-Т	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭДКЗ-ОП	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности
ЭДКЗ-П	5	25, 50, 75, 100, 125 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭДКЗ-ПМ	7	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭД-КЗ-ПКМ	9	4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	



Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение неперехватываемых взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИЗ служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИЗ заданного интервала замедления.

Таблица 5.4

#### Характеристики систем неэлектрического инициирования

Устройство	Интервал замедления, мс	Назначение
СИНВ-Ш	0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	Изготовление патронов-боевиков
ДБИЗ	0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	

*Примечание.* Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

### 5.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

- врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;
- врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 5.5.

Таблица 5.5

**Тип вруба и глубина шпуров**

Тип буровой техники	Сечение выработки, м <sup>2</sup>	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м	Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м
Установки механизированного бурения	–	Прямые врубы с максимальной возможной глубиной по технической характеристике машины

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забой, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ( $f > 12$ ) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки ( $B$ ) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5  $B$ , применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м<sup>2</sup>) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 5.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85–0,95 с учётом крепости горных пород.

### 5.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

#### 5.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 5.6.

Таблица 5.6

Параметры вертикального клинового вруба

Группа крепости пород по СНиП	Коэффициент крепости пород $f$	Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм	Количество шпуров во врубе при сечении выработки (м <sup>2</sup> )		Угол наклона шпуров к плоскости забоя $\alpha$ , град.
			до 12	более 12	
IV-V	1-6	500	4	4-6	75-70
VI	6-8	450	4-6	6-8	68
VII	8-10	400	6-8	8-10	65
VIII	10-13	350	8-10	10-12	63
IX	13-16	300	10-12	12-14	60
X	16-18	300	10-12	12-14	58
XI	20	250	10-12	12-14	55

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1,25 \sqrt{e} \cdot d_3/d, \quad (5.1)$$

где  $e$  – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 5.2),

$d_3$  – диаметр заряда,

$d$  – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 5.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 5.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 5.7 или по формуле:

$$h_{\text{вр}} = 0,25 B \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - 0,3, \quad (5.2)$$

где  $B$  – ширина выработки, м

$\alpha$  – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Предельная глубина вертикального клинового вруба  $h_{вр}$ , м

Ширина выработки, м	Коэффициент крепости пород $f$						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
2,0	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
2,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
3,0	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
3,5	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4
4,0	2,8	2,6	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7
4,5	3,2	2,9	2,5	2,4	2,3	2,0	1,9
5,0	3,5	3,1	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1

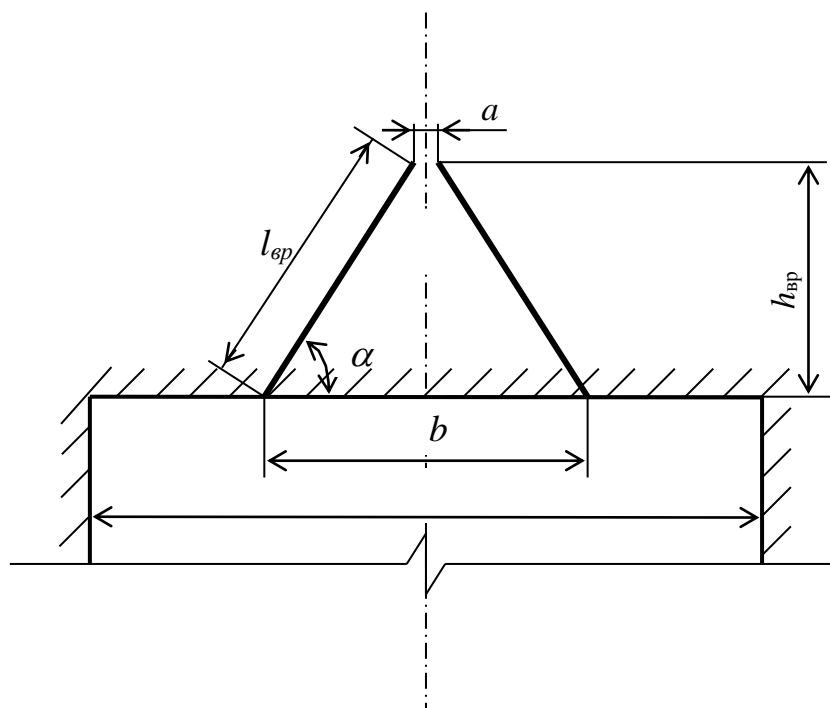


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0,1 \div 0,2), \quad (5.3)$$

где  $h_{шп}$  – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (5.4)$$

где  $\alpha$  – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2 h_{вр} / \operatorname{tg} \alpha + a, \quad (5.5)$$

где  $a$  – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород  $a = 0,15-0,2$  м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров  $\alpha$ .

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

### 5.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 5.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный  $a$ ; щелевой  $b$ ; спиральный  $c$  и двойной спиральный  $d$ .

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуrom (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуrom или серией шпуров (пробивное расстояние  $W_1$ ) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 5.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние  $W_1$ , определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.1).

Пробивные расстояния  $W_1$  учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрывааемых вторыми и последующими во врубе ( $W_1, W_2, W_3$  и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

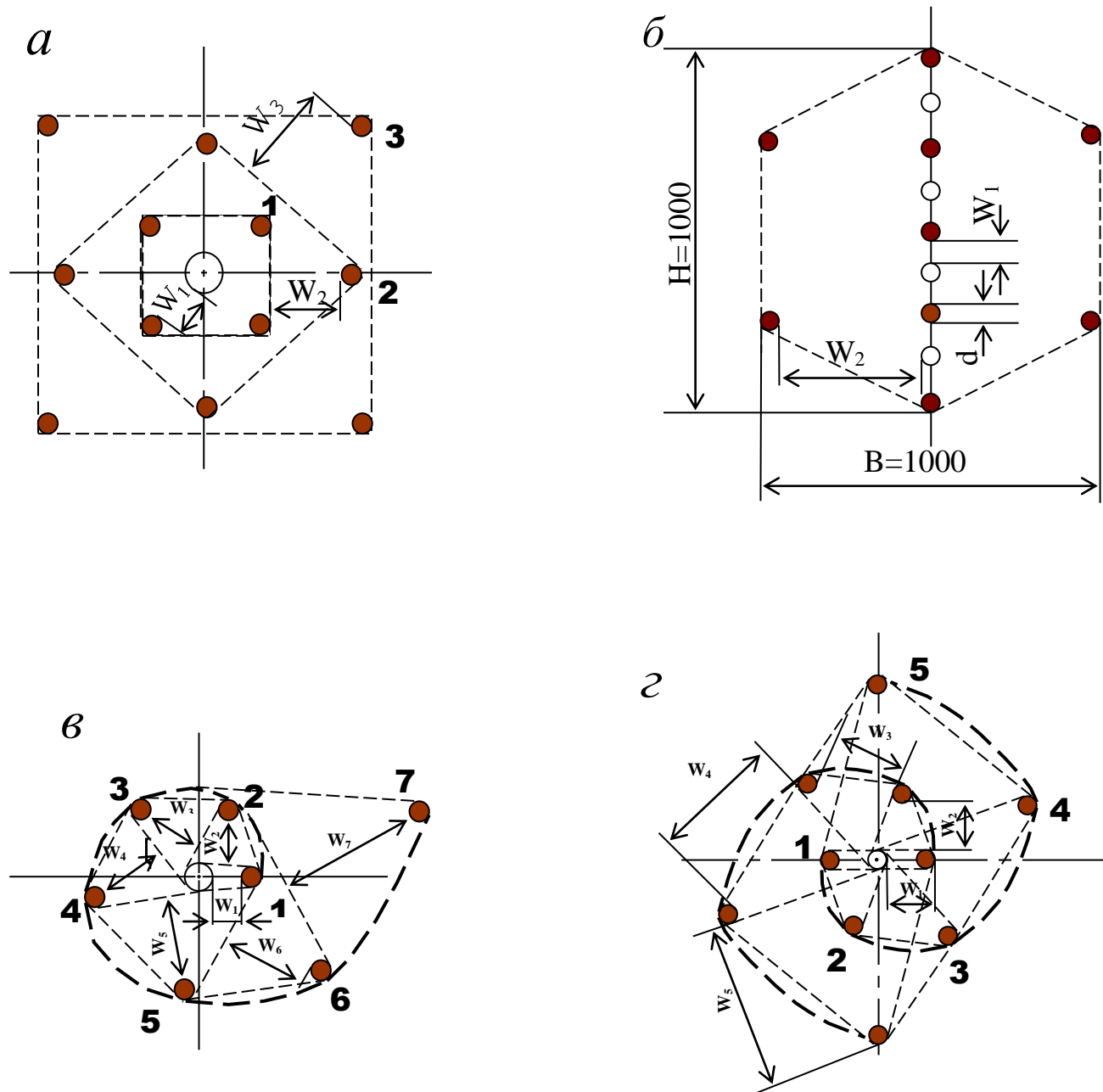


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:  
*a* – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;  
*г* – двойной спиральный

**Пробивные расстояния  $W_1$ , мм**

Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$ , мм	Коэффициент крепости пород $f$						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	115	100	90	80	60	60	55
51	125	110	100	90	80	70	65
56	150	130	110	95	90	85	75
75	170	150	130	105	100	95	85
105	190	170	150	120	110	105	95
125	230	200	170	140	120	110	100

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрывааемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0,8 \cdot (W_1 + D_x + d), \quad (5.6)$$

где  $W_1$  – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

$D_x$  – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

$d$  – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния ( $W_2$ ,  $W_3$  и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 5.2) в масштабе 1:5.

**Пробивные расстояния  $W_2$ , мм**

Диаметр холостого шпура или скважины $D_x$ , мм	Коэффициент крепости пород $f$						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	170	150	140	130	120	115	110
51	180	160	150	140	130	120	115
56	210	180	170	160	150	140	130
75	260	210	200	185	170	150	140
105	300	260	240	215	200	185	175
125	340	300	270	250	230	220	215

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

**Предельные пробивные расстояния  
для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм**

Диаметр шпуров, мм	Коэффициент крепости пород $f$						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	1000-900	800	700	650	600	550	500

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м<sup>2</sup> необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 5.8. Количество заряжаемых  $N_z$  и холостых  $N_x$  шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_z = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \quad (5.7)$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \quad (5.8)$$

где  $H$  – высота вруба, мм;

$W_1$  – пробивное расстояние, мм;

$d$  – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 5.2, б) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние  $W_2$  для шпуров, взрывааемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.



Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 5.11.

В породах с  $f > 10$  расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 5.11

**Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами**

Условия взрывания	Класса ВВ			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,6	0,6	0,5	0,4
По породе:				
при $f < 7$	0,5	0,45	0,3	0,25
при $f > 10$	0,4	0,3	–	–

В породах с коэффициентом крепости  $f < 6$  обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 5.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

#### 5.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0,1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \quad (5.9)$$

где  $q$  – удельный заряд ВВ, кг/м<sup>3</sup>;

$f$  – коэффициент крепости по М. М. Протождяконову. В породах с  $f > 16$  в формуле (5.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

$f_1$  – коэффициент структуры породы;

$\nu$  – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

$e$  – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \quad (5.10)$$

где  $Q_{\text{ид}}$ ,  $Q_{\text{ид.э}}$  – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

$\rho$ ,  $\rho_{\text{э}}$  – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

Необходимые данные для расчета величины  $e$  принимают из табл. 5.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (5.10) и в табл. 5.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы  $f_1$  принимается из табл. 5.12.

Таблица 5.12

### Коэффициент структуры породы $f_1$

Характеристика пород	Категория пород	Коэффициент структуры породы $f_1$
Монолитные, крепкие, вязкие, упругие	I	1,6
Трещиноватые, крепкие	II	1,2-1,4
Массивно-хрупкие	III	1,1
Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов	IV	0,8-0,9

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$\nu = \frac{6,5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \quad (5.11)$$

где  $S_{\text{вч}}$  – площадь поперечного сечения вчерне, м<sup>2</sup>.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах  $\nu = 1,1-1,4$  (меньшие значения – для больших сечений выработок).

**При щелевом врубе на полную высоту выработки** для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (5.9) следует принимать коэффициент зажима породы  $\nu = 1,4$ .

**Прямые (дробящие) врубы** требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (5.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы  $\nu = 1,1-1,4$ .

### 5.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 5.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное зарядание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжения. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном зарядании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

### 5.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \quad (5.12)$$

где  $q$  – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м<sup>3</sup>;

$S_{вч}$  – площадь сечения выработки вчерне, м<sup>2</sup>;

$\gamma$  – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3,14 d^2 \rho \alpha / 4, \quad (5.13)$$

где  $d$  – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

$\rho$  – плотность ВВ в заряде, кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном зарядании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном зарядании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 5.2). При механизированном зарядании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с  $f = 2-8$  – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (5.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 5.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 5.13

**Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок**

Коэффициент крепости пород $f$	Сечение выработки вчерне, м <sup>2</sup>						
	4	6	8	10	12	14	16
2-4	8-11	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	35-42
5-7	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	39-42	43-46
8-10	16-20	21-26	27-32	33-37	38-42	42-46	47-50
12-14	20-24	26-30	32-36	37-42	42-46	46-50	50-54
более 14	26-28	32-36	36-40	44-48	48-52	52-54	56-60

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \quad (5.14)$$

где  $S_{вч}$  – площадь сечения выработки вчерне,  $m^2$ ;

$S_{вр}$  – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя),  $m^2$ ;

$N, N_{вр}$  – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном  $85-87^\circ$  к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии ( $150-200$  мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

**При применении прямых врубов** количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) / \gamma, \quad (5.15)$$

где  $N_{вр}$  – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$  – площадь поперечного сечения прямого вруба,  $m^2$ .

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

### 3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубках с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \quad (5.16)$$

где  $l_{шп}$  – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \quad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}, \quad (5.18)$$

где  $Q_{вр}$  – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0,785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \quad (5.19)$$

где  $d$  – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

$\rho$  – плотность ВВ в заряде,  $кг/м^3$ ;

$\alpha$  – коэффициент заполнения врубового шпура,  $0,7-0,95$  (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$  – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q_{ср}'' = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}}. \quad (5.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины  $q'_{ср}$  (кг)

$$q_{вр}^* = (1,1 \div 1,2) q'_{ср}. \quad (5.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной  $q'_{ср}$  (кг)

$$q_{ок}^* = (0,9 \div 0,8) q'_{ср}. \quad (5.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах  $q'_{ср}$ :

$$q_{всп}^* = q'_{ср}. \quad (5.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжении патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ**.

При механизированном заряжении заряд ВВ в шпуре состоит из патрона боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжения при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_{ф} = \sum q_{вр}^* + \sum q_{всп}^* + \sum q_{ок}^*. \quad (5.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_{м} = Q_{ф} / (l_{шп} \eta), \quad (5.25)$$

где  $\eta$  – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр} l_{шп} \eta, \quad (5.26)$$

где  $S_{пр} = S_{вч} \cdot \text{КИС}$  – сечение выработки в проходке,  $\text{м}^2$ , которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на  $1 \text{ м}^3$  взорванной породы

$$q_p = Q_{\phi} / Q_{\text{гм}}. \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

**Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом**

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), $\text{м}^2$	Коэффициент крепости пород $f$		
	1–2	2–9	10–20
до 8	5*	10	12
от 8 до 15	4	8	10
более 15	3	5	7

\*Коэффициент излишка сечения:  $\text{КИС} = 1 + \Delta = 1 + 5/100 = 1,05$ .

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_m = N_{\text{кд}} / (l_{\text{шт}} \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на  $1 \text{ м}^3$  взорванной породы:

$$N_p = N_{\text{кд}} / (S_{\text{пр}} l_{\text{шт}} \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{\text{увт}} = l_{\text{шт}} + B / 4 + 0,5, \quad (5.30)$$

где  $B$  – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

### 5.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 5.15).

Сопrotивление магистральных и соединительных проводов, а также участков, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho (l/S), \quad (5.31)$$

где  $R$  – сопротивление проводов, Ом;

$\rho$  – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов  $0,0172 \cdot 10^{-6}$ , для алюминиевых  $0,0286 \cdot 10^{-6}$  и для стальных  $0,12 \cdot 10^{-6}$  Ом·м;

$l$  – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сrostки;

$S$  – сечение проводов, м<sup>2</sup>.

Сопrotивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 5.3). Сопrotивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 5.15

#### Взрывные приборы и машинки

Наименование прибора (исполнение)	Напряжение, В	Масса, кг	Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом	Назначение и область применения
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М (РВ)	600	2	320	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
КВП-2/200М (РН)	1700	2,5	1700	
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ)	610	2,7	320	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН)	1600	3,0	200	

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее  $I_{\text{гар}} = 1$  А при числе ЭД до 100 штук и не менее  $I_{\text{гар}} = 1,3$  А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее  $I_{\text{гар}} = 2,5$  А.



Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.32)$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.33)$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.34)$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \quad (5.35)$$

где  $I$  – сила тока в электровзрывной сети, А;

$E$  – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

$R$  – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

$n$  – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

$m$  – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

$i$  – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$  – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

$r$  – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_n + r_c L_c + r_m L_m, \quad (5.36)$$

где  $r_c$ ,  $r_m$  – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31));

$L_c$ ,  $L_m$  – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

**Характеристики проводов для электровзрывания**

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Сопротивление 1 м провода, Ом/м
ВП-05	соединительные	0,5	0,196	0,090
ВП-08	магистральные	0,8	0,502	0,034
ВП-07x2	магистральные	0,7x2	0,769	0,024

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что  $i < I_{\text{гап}}$ ), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гап}} + R}, \quad (5.37)$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гап}} + r}. \quad (5.38)$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно  $M = n \cdot m$ , то, определив один из множителей, вычисляют другой.

**5.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Свёрло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 5.17

**Область применения бурильных машин  
и установочных приспособлений**

Коэффициент крепости пород	Тип бурильных машин и установочных приспособлений
1,5–3	Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках
4–6	Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
7–9	Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
10–20	Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБПП-1, ЭБПП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с  $f < 8$ .

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок производят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с  $f < 8$ ; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с  $f = 6-10$ , с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с  $f = 10-14$ ; ударно-поворотного действия в породах с  $f = 10-20$ .

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 5.2 – 5.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м<sup>2</sup> площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м<sup>2</sup> площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 5.18

**Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок**

Характеристики	Тип бурильной установки					
	УБШ-204 (БУЭ-1М)	УБШ-214А	УБШ-308У (1СБУ-2)	УБШ-303 (1БУР-2)	УБШ-254	УБШ-332Д
Коэффициент крепости пород $f$	4-8	4-16	8-14	4-16	8-14	8-14
Диаметр шпуров, мм	42	42-52	42-52	42-52	42-52	42-52
Длина шпуров, м	2,75	2,75	2,8	2,8	2,4	3,0

Зона бурения, м <sup>2</sup>		6-12	4,2-12	до 20	до 20	до 12	8-22
Бурильная машина	тип	БУЭ	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	«Норит-1» (гидравл.)	М2 (БГА-2М)
	кол-во	1	1	2	2	1	2
Тип платформы		рельс.	рельс.	гусен.	рельс.	гусен.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		8,2	6,0	7,8	7,1	7,2	11,0
	ширина	1,3	1,0	1,6	1,15	1,4	1,75
	высота	0,9	1,5	1,7	1,65	1,8	2,3
Масса, т		5,4	4	8,6	5	7,2	12

Таблица 5.19

### Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики	Тип бурильной установки					
	Minimatic 205-40	Mini 206-60	Paramatic 305-60	Rocket Bomer 104S	Rocket Bomer 282S	
Коэффициент крепости пород $f$	8-20	8-20	8-20	8-20	8-20	
Диаметр шпуров, мм	32-50	32-50	32-50	32-50	32-50	
Длина шпуров, м	3,4	3,4	3,4	4,0	4,0	
Высота обурирования, м	6,0	6,4	7,1	4,7	6,3	
Ширина обурирования, м	8,8	9,8	10,4	4,7	8,7	
Зона бурения, м <sup>2</sup>	8-49	8-60	12-68	до 20	до 45	
Бурильная машина	тип	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	СОР 1838 МЕ пневмат.	СОР 1838 МЕ пневмат.
	кол-во	2	2	3	1	2
Тип платформы	пневм.	пневм.	пневм.	пневм.	пневм.	
Размеры (м) в транспортном положении:						
	длина	12,3	12,7	5,3	9,8	12,1
	ширина	1,98	2,24	2,5	2,0	2,0
высота	2,35	2,35	2,8	2,6	3,1	
Масса, т	19	20	36	14	18	

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обурирование вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 м<sup>2</sup>.

## 5.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электро-взрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

*Пример оформления графической части:*

### Паспорт буровзрывных работ на проведение

\_\_\_\_\_   
(наименование выработки)

#### 1. Характеристика выработки

- 1.1. Форма сечения выработки \_\_\_\_\_
- 1.2. Площадь поперечного сечения выработки в черне, м<sup>2</sup> \_\_\_\_\_
- 1.3. Размеры сечения выработки - высота, м \_\_\_\_\_  
- ширина, м \_\_\_\_\_
- 1.4. Категория шахты по газу или пыли \_\_\_\_\_

#### 2. Характеристика пород

- 2.1. Наименование пород \_\_\_\_\_
- 2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протоdjeяконова \_\_\_\_\_
- 2.3. Трещиноватость пород \_\_\_\_\_
- 2.4. Обводнённость пород \_\_\_\_\_

#### 3. Исходные данные

- 3.1. Наименование ВВ и средств инициирования \_\_\_\_\_
- 3.2. Способ взрывания \_\_\_\_\_
- 3.3. Диаметры - шпуров, мм \_\_\_\_\_  
- патронов, мм \_\_\_\_\_
- 3.4. Тип вруба \_\_\_\_\_
- 3.5. Материал забойки \_\_\_\_\_
- 3.6. Схема соединения электродетонаторов \_\_\_\_\_
- 3.7. Источник электрического тока \_\_\_\_\_

#### 4. Расчётные данные по шпурам

№№ шпуров	Наименование шпуров по назначению	Глубина шпуров, м	Угол наклона шпуров, град.	Расстояние между шпурами, м	Величина заряда в шпуре, кг	Длина заряда, м	Длина забойки в шпуре, м	Очередность взрывания, интервал замедления, мс	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

#### 5. Схема расположения шпуров

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

#### 6. Конструкции зарядов

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

## 7. Основные показатели буровзрывных работ

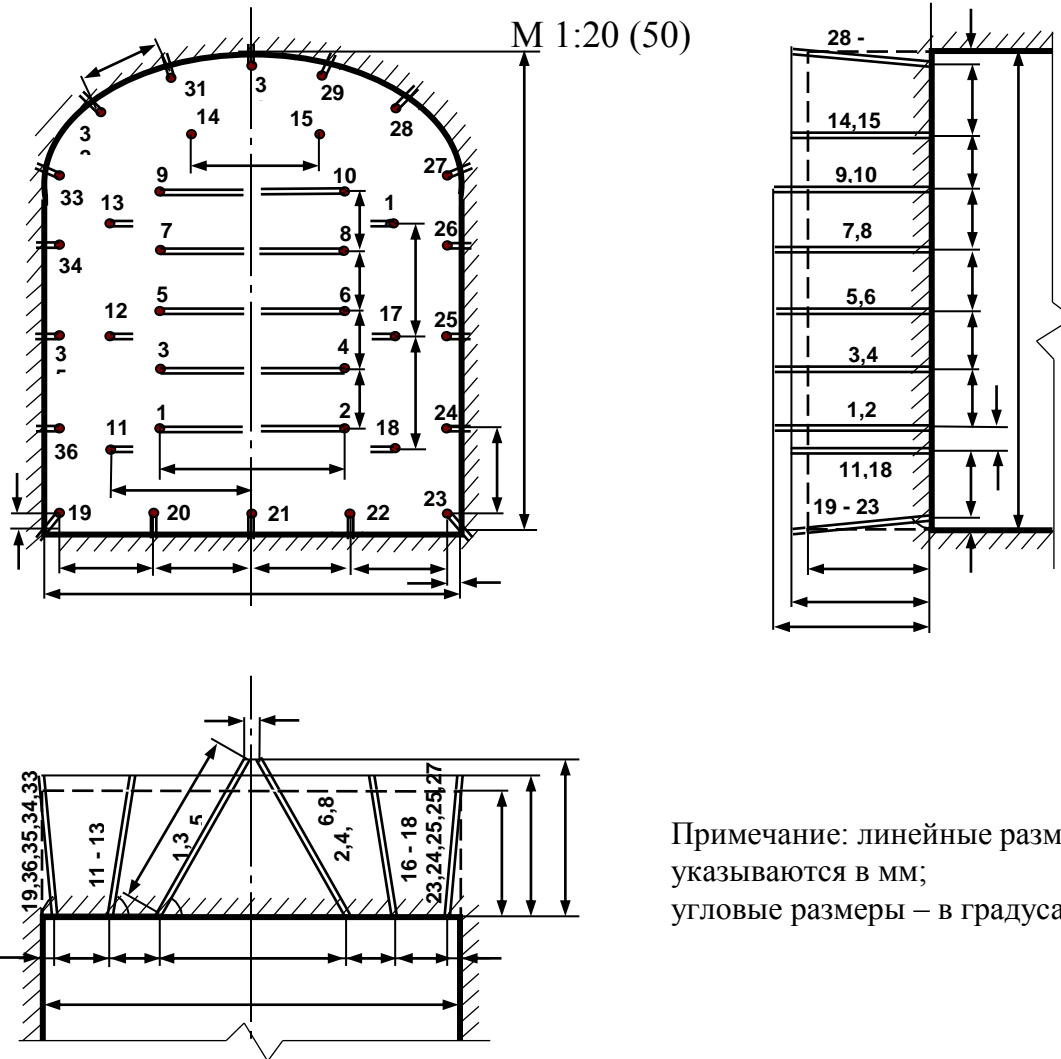
№ п/п	Показатели	Единица измерения	Количество
1	Коэффициент использования шпуров	-	
2	Подвигание забоя за взрыв	-	
3	Объём горной массы за взрыв	м <sup>3</sup>	
4	Количество шпуров на цикл	шт.	
5	Количество шпурометров на цикл	м	
6	Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки	м шп./м	
7	Количество шпурометров на 1 м <sup>3</sup> взорванной породы	м шп./м <sup>3</sup>	
8	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	кг/м	
10	Расход ВВ на 1 м <sup>3</sup> взорванной породы	кг/м <sup>3</sup>	
11	Расход средств инициирования на цикл: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	шт. шт. м	
12	Расход средств инициирования на 1 метр выработки: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	шт. шт. м	

## 8. Меры безопасности

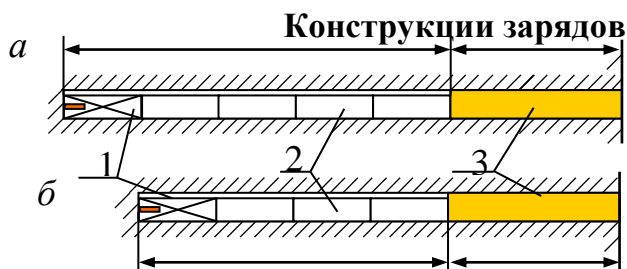
- 8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва \_\_\_\_\_
- 8.2. Место выставления постов \_\_\_\_\_
- 8.3. Время проветривания после взрыва \_\_\_\_\_
- 8.4. Мероприятия по подавлению пыли \_\_\_\_\_
- 8.5. Другие дополнительные меры безопасности \_\_\_\_\_



## Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм; угловые размеры – в градусах.



- a* – врубовые шпуров;
- б* – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуров;
- 1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
- 2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
- 3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

*Примечание.* В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

## Формы поперечного сечения горизонтальных выработок

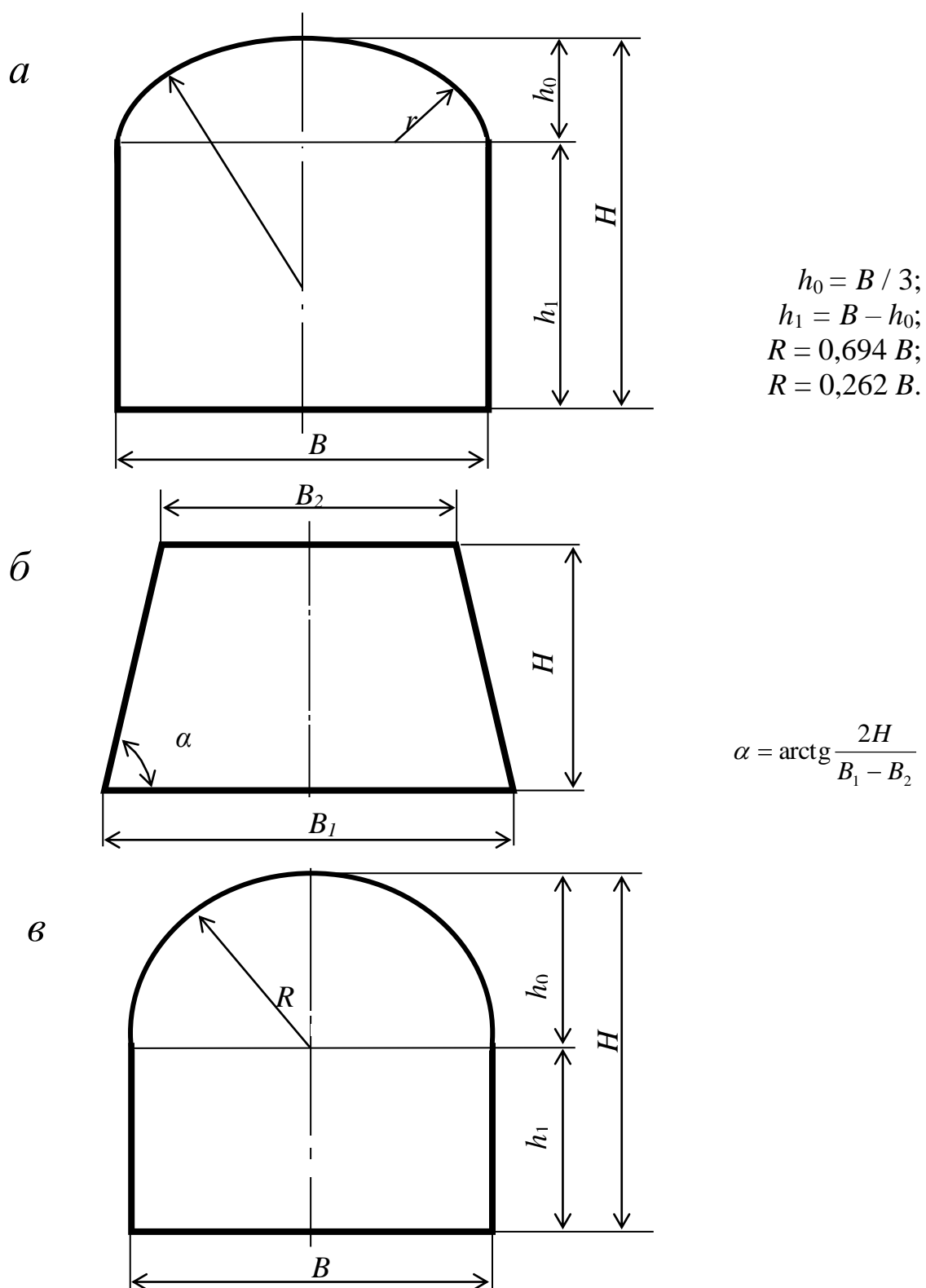


Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:  
 а – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;  
 б – трапецевидная;  
 в – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

Форма поперечного сечения выработки	Площадь поперечного сечения	Периметр
Сводчатая с коробовым сводом	$B \cdot (h_1 + 0,26 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2,33 \cdot B$
Трапецевидная	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
Арочная с полуциркульным сводом	$B \cdot (h_1 + 0,39 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2,57 \cdot B$

## Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.
2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы: учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.
3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – 345 с.
4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.
5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.
6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605; в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.
7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.
8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Сынбулатов Владимир Владимирович  
Прищепа Дмитрий Вячеславович

## БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению  
контрольных и практических работ по дисциплине  
«Буровзрывные работы»  
для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология»

Редактор *Д. В. Прищепа*

Подписано в печать «\_\_»\_\_\_\_\_2019 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.  
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Печ. л. 3,68. Уч.-изд. л. 5,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ  
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
Уральский государственный горный университет  
Отпечатано с оригинал-макета  
в лаборатории множительной техники УГГУ



Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО  
Уральский государственный горный университет

Факультет геологии и геофизики



Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

**Г.П.Дворник**  
**ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕЛОГИЯ**

Конспект лекций для студентов очного и заочного обучения (РМ)

Екатеринбург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Задачи и объекты горнопромышленной геологии. Геометрические элементы тел полезных ископаемых .....	3
2. Элементы залегания тел полезных ископаемых. Классификация форм залежей .....	8
3. Уровни строения тел полезных ископаемых. Классификация залежей по условиям залегания для целей эксплуатации .....	12
4. Анизотропия свойств тел полезных ископаемых. Симметрия форм залежей .....	17
5. Геолого-промышленные уровни строения залежей. Изменчивость свойств тел полезных ископаемых .....	21
6. Геологоразведочные работы на горных предприятиях. Доразведка месторождений полезных ископаемых .....	26
7. Опережающая эксплуатационная разведка месторождений .....	31
8. Сопровождающая эксплуатационная разведка месторождений .....	36
9. Геологическая документация на горных предприятиях .....	40
10. Геолого-технологическое картирование руд при разработке месторождений .....	45
11. Опробование на горных предприятиях .....	50
12. Эксплуатационные кондиции на минеральное сырье .....	55
13. Подсчет запасов полезных ископаемых при эксплуатации месторождений. Современные методы подсчета запасов полезных ископаемых с использованием компьютерных технологий .....	60
14. Показатели экономической эффективности разработки эксплуатируемых месторождений .....	65
15. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений .....	69
16. Сопоставление данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых .....	74
17. Геофизические исследования на горных предприятиях .....	79
18. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования при эксплуатации месторождений .....	83
19. Промышленная классификация запасов полезных ископаемых, учет их потерь и разубоживания .....	88
20. Планирование добычных работ на горных предприятиях. Управление качеством руд. Усреднение руд при добыче .....	92
21. Мониторинг месторождений твердых полезных ископаемых .....	97
Рекомендуемая литература .....	102

## ЛЕКЦИЯ 1

### ЗАДАЧИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ГЕОЛОГИИ.

#### СВЯЗЬ ЕЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ

**Горнопромышленная (или рудничная) геология** изучает методы, организацию и технологию геологического обеспечения горного производства при эксплуатации МПИ.

Основными задачами горнопромышленной геологии являются:

- 1) контроль за состоянием минерально-сырьевой базы и обеспеченностью горного предприятия разведанными запасами полезных ископаемых;
- 2) доразведка и эксплуатационная разведка месторождений полезных ископаемых с целью уточнения количества и качества запасов основных и попутных полезных ископаемых и полезных компонентов;
- 3) оперативный пересчет запасов полезных ископаемых в процессе эксплуатации месторождения;
- 4) учет движения запасов при разработке месторождения;
- 5) контроль качества полезных ископаемых и усреднение руд;
- 6) учет потерь и разубоживания полезных ископаемых при эксплуатации месторождения;
- 7) изучение гидрогеологических, инженерно-геологических и горно-технических условий эксплуатации месторождения.

Горнопромышленная геология сформировалась на стыке геологических и горных наук. По образному выражению академика А.П. Карпинского «Геология пришла к нам через горное дело». Зарождение и развитие горнопромышленной геологии неразрывно связано с горным промыслом. Первыми полезными ископаемыми, целенаправленно добываемыми человечеством, начиная с VI-V веков до н. э., были золото, медь, олово, драгоценные камни. Первые работы, освещающие отдельные вопросы горнопромышленной геологии, принадлежат Георгу Бауэру (Агриколле), изучавшему в XVI веке геологию месторождений



Рудных гор. В России рудничная геология начала развиваться с 1584 г., когда был учрежден Государев приказ каменных дел. В XVIII веке горнопромышленная геология получила развитие благодаря трудам В.Н. Генина (Описание уральских и сибирских заводов, 1735 г.), В.Н. Татищева (Горный устав), М.В. Ломоносова (О слоях земных), Ивана Шлаттера. В XIX веке аналогичные обобщения по рудничной геологии были сделаны И.С. Гавеловским (О разведках гор, 1825 г.), В.Ю. Саймоновым (Инструкция горным партиям, 1829 г.), И.А. Корзухиным (Горноразведочное дело, 1898 г.).

### ВИДЫ ОБЪЕКТОВ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

Основными объектами горнопромышленной геологии являются месторождения полезных ископаемых, а также тела (или залежи) полезных ископаемых в пределах горного отвода. Горнопромышленный объект представляет собой геотехническую систему, включающую совокупность природных и искусственных объектов. Горнопромышленные объекты подразделяются на административно-производственные, горнотехнические и горногеологические. В иерархии горнопромышленных объектов В.В.Ершов выделяет 6 уровней (табл. 1).

Таблица 1

Классификация горнопромышленных объектов

Уровни	Объекты		
	Административно-производственные	Горнотехнические	Горно-геологические
I	Горнометаллургический комбинат	Горный отвод	Месторождения полезных ископаемых
II	Рудник, шахта, карьер	Рудничное, карьерное, шахтное поле	Тело (залежь) полезных ископаемых
III	Производственный участок	Выемочный участок	Часть тела полезного ископаемого, типы и сорта полезных ископаемых
IV	Производственный участок	Горная выработка, забой	Локальное обособление полезных ископаемых
V	Система транспортировки и складирования	Транспортирующие и аккумулярующие емкости	Порция полезных ископаемых и отвальной породы, товарная продукция
VI	Система обогащения	Дробильное и обогатительное оборудование	Порция концентрата, хвостов обогащения

**Горным отводом** называется часть недр, предоставляемая горному предприятию для разработки месторождений полезных ископаемых. Он включает *рудничные, шахтные* или *карьерные* поля. Они состоят из *выемочных участков* – относительно самостоятельных частей, на которые эксплуатируемое месторождение разделяется по площади или в разрезе по различным признакам. К ним относятся: 1) условия вскрытия; 2) условия проветривания; 3) системы разработки; 4) средства отбойки, выемки, транспортирования. Выемочные участки включают *выемочные единицы (эксплуатационные блоки)*. Последние состоят из *конструктивных элементов систем разработки*. Они представлены подготовительными, нарезными и очистными горными выработками. **Забой** – это поверхность массива полезных ископаемых или горных пород, которая перемещается в процессе горных работ по выемке. Выделяют забои подготовительных и очистных горных выработок. Забои различают по форме (прямолинейные, уступные), по расположению в пространстве (по простиранию, вкрест простирания тела полезного ископаемого, по падению, восстанию), по характеру и режиму функционирования (действующие, запасные, резервные).

По структуре забои всех типов могут быть простыми (с одним типом или сортом руды) и сложными (с разными типами и сортами полезных ископаемых). На IV уровне в забое полезное ископаемое из статического состояния в массиве переходит в динамическое состояние – в отвал руды. Динамическими объектами являются также порции полезных ископаемых и горных пород, поступающие в систему транспортирования и складирования горного предприятия и на обогатительную фабрику, с выделением концентратов полезных ископаемых и хвостов обогащения.

#### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Залежь полезных ископаемых** представляет собой природное геологическое тело, которое имеет внешнюю форму и внутреннее строение и занимает определенное положение в пространстве. Геометрические элементы геологиче-

ских тел изучает *геокинематика*, основы которой изложены в работах Л.И. Четверикова.

Основными геометрическими элементами залежи полезных ископаемых являются: поверхность, линия выклинивания, мощность, длина, ширина, срединная поверхность, ось и центр тела.

1. Под *поверхностью залежи* понимается фактически существующая или условная поверхность, отделяющая тело полезных ископаемых от вмещающих его пород.

2. *Выклинивание залежи* – это взаимное пересечение двух противоположных ее поверхностей, а замкнутая линия их пересечения называется *линией выклинивания*.

3. *Мощность тел полезных ископаемых* (М) – это расстояние по прямой между двумя противоположными поверхностями залежи. Тогда *линия мощности* – это отрезок прямой, отсекаемый данными поверхностями. В зависимости от способов замеров мощности выделяют *наклонную, вертикальную, горизонтальную, нормальную или истинную мощность* тела. Нормальная (или истинная) мощность является кратчайшим расстоянием между поверхностями тел в месте замера. Мощность называется нормальной потому, что при этом линии мощности представляют собой нормали к срединной поверхности залежи или оси тела.

4. *Срединная поверхность* представляет собой условную поверхность, проходящую внутри тела через середины линий мощности. В практике геолого-разведочных работ часто делают разрезы по срединной поверхности при подсчете запасов полезных ископаемых, называя их разрезами в плоскости тела полезного ископаемого, или по его простиранию. У плоских пластовых тел полезных ископаемых срединная поверхность представляет собой плоскость. У залежей полезных ископаемых изогнутой формы (седловидных, чашеобразных) срединная поверхность является кривой изогнутой поверхностью.

5. Под *осью тела* полезных ископаемых понимается условная линия, проходящая вдоль тела по его середине, от одного его конца до другого. Ось тела лежит на срединной поверхности и пересекает контур тела в двух его крайних точках. Она может быть как прямой, так и кривой линией.

6. *Длина тела полезных ископаемых (L)* представляет собой расстояние между его крайними точками, замеренное по оси залежи.

7. Под *шириной* вытянутого пластообразного тела (*H*) понимается длина линий пересечения срединной поверхности плоскостью сечения, нормальной к оси залежи. А ширина невытянутого плоской формы тела – это длина линий пересечения срединной поверхности нормальной к ней плоскостью, секущей тело через его центр.

8. *Центр залежи* выделяется для тел изометричной или близкой к ней формы. Под ним понимается центр тяжести геометрической формы залежи.

Ширина (*H*) тел полезных ископаемых, как и их мощность (*M*), не является постоянной величиной. В этой связи определяют среднее значение ширины вытянутого тела:

$$1) \bar{H} = \frac{S}{L},$$

где: *S* – площадь срединной поверхности, м<sup>2</sup>; *L* – длина тела, м.

Для тел полезных ископаемых вытянутой формы важной характеристикой является *показатель вытянутости формы (B)*. В случае тел сплюснuto-вытянутой формы:

$$2) B = \frac{L}{\bar{H}} = \frac{L^2}{S}$$

Для тел трубообразной формы:

$$3) B = \frac{L}{\bar{M}}, \text{ где } L \text{ – длина тела, м; } \bar{M} \text{ – средняя мощность тела, м.}$$

## ЛЕКЦИЯ 2

### ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Элементы залегания залежи** включают ее простирание, падение и склонение.

1. *Простирание залежи* – это направление, в котором вытянуто ее горизонтальное сечение.

2. *Линией простирания* тела полезных ископаемых является линия пересечения срединной поверхности залежи горизонтальной плоскостью.

3. *Азимут простирания залежи* ( $\alpha$ ) – это горизонтальный угол между северным направлением меридиана и прямой, касательной к линии простирания. На практике нередко определяют средний азимут простирания залежи ( $\bar{\alpha}$ ) по формуле:

$$1) \bar{\alpha} = \sum \alpha_i \times \frac{l_i}{L}$$

где:  $\alpha_i$  – азимут простирания  $i$ -того прямолинейного отрезка,

$l_i$  – длина  $i$ -того прямолинейного отрезка, м;

$L$  – длина линии простирания, м.

4. *Падение* является геолого-геометрическим элементом, характеризующим поведение тела полезных ископаемых по вертикали.

5. *Линия падения залежи* – это линия пересечения срединной поверхности тела вертикальной плоскостью, перпендикулярной к линии простирания.

6. *Угол падения* ( $\varphi$ ) – это вертикальный угол, образуемый линией падения и горизонтальной плоскостью. Угол падения характеризует наклон срединной поверхности относительно горизонтальной плоскости.

7. *Азимут падения* ( $\beta$ ) залежи является горизонтальный угол между северным направлением меридиана и проекцией линии падения на горизонтальную плоскость. Для залежей полезных ископаемых часто определяют средние значения угла падения и азимута падения. Они характеризуют линию общего падения залежи полезных ископаемых.

8. При сложном наклонном залегании вытянутого тела полезного ископаемого важной характеристикой его положения в пространстве является *склонение залежи*. Под склонением понимается направление оси залежи в пространстве. Склонение отсутствует, когда ось залежи совпадает с линией падения или линией простирания. Его нет также у залежей, для которых нельзя выделить ось.

9. *Угол склонения* залежи – это вертикальный угол между осью залежи и проекцией ее на горизонтальную плоскость.

10. *Азимут склонения* залежи называется горизонтальный угол между северным направлением меридиана и проекцией оси залежи на горизонтальную плоскость.

11. *Общее склонение* залежи характеризуют средние значения угла склонения и азимута склонения.

Залежи полезных ископаемых по своей вытянутости, определяемой значением показателя вытянутости ( $B$ ), делятся на 4 группы: 1) невытянутые ( $B < 2$ ), 2) слабо вытянутые ( $B = 2-5$ ), 3) вытянутые ( $B = 5-10$ ), 4) сильно вытянутые ( $B > 10$ ).

Залегание залежей полезных ископаемых может быть выдержанное и невыдержанное. *Выдержанное залегание* тел полезных ископаемых характеризуется постоянством их простирания, падения и склонения. В этом случае срединная поверхность залежи представляет собой плоскость, а ось залежи – прямую линию.

При невыдержанном залегании тела полезного ископаемого срединная поверхность залежи криволинейная, а ось тела представляет кривую линию. При невыдержанном залегании залежи ее общее залегание выражается средними значениями азимута падения и угла падения, а при наличии только оси залежи характеризуется средними значениями азимута склонения и угла склонения.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ФОРМ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Классификация форм тел полезных ископаемых основана на использовании геометрических показателей формы залежей: 1) мощности ( $M$ ), 2) ширины ( $H$ ), 3) длины ( $L$ ), 4) показателя вытянутости ( $B$ ), 5) показателя сплюснутости ( $C$ ), 6) срединной поверхности и 7) оси залежи.

Показатель сплюснутости ( $C$ ) залежи представляет отношение средней ширины ( $\bar{H}$ ) к средней мощности ( $\bar{M}$ ). К сплюснутым относятся залежи, у которых  $C \geq 2$ .

По этим геометрическим показателям тела полезных ископаемых классифицируются на 4 типа (табл. 2).

Таблица 2

Классификация основных форм тел полезных ископаемых

Тип	Геометрическое определение формы	Простое залегание	Сложное залегание	Характеристика формы
I	Присутствуют срединная поверхность, ось тела $M < H < L$ $B \geq 2, C \geq 2$	Срединная поверхность – плоскость, линии мощности параллельны	Срединная поверхность кривая, линии мощности не параллельны	Залежи вытянутой, сплюснутой формы (пласты, жилы, лентовидные залежи)
II	Присутствует срединная поверхность $M < H$ $C \geq 2, B < 2$	Срединная поверхность – плоскость, линии мощности параллельны	Срединная поверхность кривая, линии мощности не параллельны	Изометрические в плане тела плитообразной сплюснутой формы (линзы, дисквидные залежи)
III	Присутствует ось тела $M < L$ , $B \geq 2, C < 2$	Ось тела - прямая линия	Ось тела – кривая линия	Вытянутые тела трубообразной формы (трубки, столбы)
IV	Присутствует мощность ( $M$ ). Линии мощности располагаются радиально, проходя через центр тела ( $B < 2, C < 2$ )	Форма близка к шару или оваловиду. Значения мощности меняются незначительно	Поверхность тела сильно изменчива, значения мощности меняются значительно	Тела изометрической, шаровидной формы (штоки, штокверки, гнезда)

Количественным показателем сложности формы залежи полезных ископаемых является *контурный модуль*. Он рассчитывается в проекциях тела полезного ископаемого на горизонтальную, вертикальную или наклонную плоскости. Согласно одним авторам (Л.И. Четвериков), контурный модуль можно опреде-

лить, зная площадь разведанного контура залежи ( $S_p$ ), его длину ( $l_p$ ) и периметр ( $P_p$ ) по формуле:

$$3) M = \frac{P_p}{\left[2 \times \left(l_p + \frac{S_p}{l_p}\right)\right]} + 0,121$$

По величине этого модуля тела полезных ископаемых по сложности их контура классифицируются на 5 групп: 1) весьма простые ( $M=1,0-1,2$ ), 2) простые ( $M=1,2-1,4$ ), 3) средние ( $M=1,4-1,6$ ), 4) сложные ( $M=1,6-1,8$ ), 5) весьма сложные ( $M>1,8$ ).

По другим авторам (Ясковский П.П.), контурный модуль можно рассчитать как отношение фактического периметра разведанного контура залежи ( $P_p$ ) к теоретическому периметру ( $P_m$ ) равновеликой простой фигуры (круга, эллипса, прямоугольника) по формуле:

$$4) M_k = \frac{P_p}{P_m}$$

При этом для определения теоретического периметра круга, эллипса и прямоугольника применяются следующие формулы:

$$5) P_m = 2\sqrt{\pi S} - \text{для круга,}$$

$$6) P_m = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{\pi S}{a}} \cdot (a+1) - \text{для эллипса,}$$

$$7) P_m = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{b}} \cdot (b+1) - \text{для прямоугольника,}$$

где:  $S$  – площадь тела полезного ископаемого,  $m^2$ ;

$a$  – отношение большей и меньшей полуосей эллипса;

$b$  – отношение длинной и короткой сторон прямоугольника.

По значению контурного модуля выделяют по форме четыре группы тел: 1) простые ( $M_k=1,0-1,2$ ), 2) относительно простые ( $M_k=1,2-1,5$ ), 3) сложные ( $M_k=1,5-2,0$ ), 4) весьма сложные ( $M_k>2,0$ ).

Форма тел полезных ископаемых является основным фактором, определяющим выбор способа вскрытия, системы разработки, уровень потерь и разубоживания полезных ископаемых при эксплуатации месторождений.



Форма и размеры залежей полезных ископаемых (в плане и разрезах) определяют общие размеры горного отвода, карьерных, рудничных и шахтных полей, способы и схемы вскрытия месторождения, некоторые параметры системы разработки, развитие транспортной сети, схему вентиляции.

При открытой разработке тел полезных ископаемых компактной изометричной формы применяются сплошные системы разработки карьером с внешним отвалообразованием и перевозкой пород вскрыши автотранспортом. При разработке месторождений вытянутой формы (пластов, жил) перевозка вскрыши осуществляется железнодорожным транспортом.

При подземной разработке изометричных залежей с небольшой горизонтальной площадью усложняется техника и организация ведения горных работ вследствие вскрытия и подготовки запасов руды к очистной выемке сразу на нескольких горизонтах и создания сложных схем проветривания горных выработок.

### ЛЕКЦИЯ 3

#### УРОВНИ СТРОЕНИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Залежь полезного ископаемого является сложным геологическим объектом. Внутреннее строение залежи можно рассматривать как систему природных (геологических, минералогических и геохимических) уровней. В строении типовой теоретической структурно-иерархической модели залежи (ТТСИМЗ) выделяется 6 природных уровней (табл. 3).

Таблица 3

Иерархия уровней строения тел полезных ископаемых

Уровень строения	Геологический элемент неоднородности (ГЭН)	Размер ГЭН, м
1. Месторождение полезных ископаемых	Тело полезного ископаемого	$n \times (10^2 - 10^4)$
2. Тело полезного ископаемого	Морфологически обособленный участок залежи полезного ископаемого	$n \times (10^0 - 10^2)$
3. Участок тела полезного ископаемого (технологический тип, промышленный сорт полезного ископаемого)	Однородная по качеству часть тела полезного ископаемого (природный тип полезного ископаемого)	$n \times (10^{-1} - 10^1)$

4. Однородная часть тела полезного ископаемого (природный тип полезного ископаемого)	Минеральный агрегат	$n \times (10^{-3} - 10^{-1})$
5. Минеральный агрегат	Минеральный индивид	$n \times (10^{-4} - 10^{-2})$
6. Минеральный индивид	Молекулярный или химический состав	$n \times 10^{-5}$

На первом структурном уровне геологическим элементом неоднородности (ГЭН) являются залежи полезных ископаемых, входящие в состав месторождения. К ГЭН 2 уровня относятся морфологически обособленные участки тел полезных ископаемых. Например, пласты, пропластки в пластовых залежах сложного строения. ГЭН 3 уровня являются качественно однородные части залежей. Например, природные типы руд (серноколчеданные, медноколчеданные, колчеданно-полиметаллические). На 4 уровне к ГЭН относятся локальные обособления полезных ископаемых, различающиеся по текстуре минеральных агрегатов (массивные, вкрапленные, прожилковые руды). ГЭН 5 уровня являются минеральные индивиды (зерна) полезных ископаемых, слагающие минеральные агрегаты различной структуры (мелко-, средне-, крупнозернистые и т.д.).

К ГЭН на наиболее высокочастотном 6 уровне относятся молекулы или атомы, характеризующие химический состав полезных ископаемых (например, содержание  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  в бокситах,  $Cu$  – в колчеданных рудах).

Уровенное строение залежей полезных ископаемых на конкретных месторождениях определяется степенью сложности их геологического строения. Приведем характерные примеры. В строении месторождения каменной соли 2-й группы сложности выделяют 4 структурных уровня. ГЭН на этих уровнях являются: 1) отдельная пачка слоев в соляной толще, 2) отдельный слой в пачке, 3) отдельный прослой в слое, 4) отдельные зерна соли в прослое. В качестве другого примера рассмотрим иерархическую модель аллювиальной россыпи алмазов. В строении алмазоносных россыпей, относящихся к 4 группе сложности, В.И. Набиуллин выделяет 7 структурных уровней и соответствующих им ГЭН: 1) геоморфологически обособленный отрезок россыпи (4600-9300 м), 2) морфологически обособленный участок россыпи (1500-3400 м), 3) струеобразное скопление алмазов (400-890 м), 4) линзообразное скопление (90-160 м), 5)

гнездообразное скопление (25-40 м), б) карманообразное скопление (10-12 м), 7) локальное скопление отдельных кристаллов алмазов ( $n \times 10^{-1}$  м).

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО УСЛОВИЯМ ЗАЛЕГАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На стадии эксплуатации месторождений к условиям залегания тел полезных ископаемых (углу их падения, мощности, глубине залегания) горной промышленностью предъявляются определенные требования.

Залежи полезных ископаемых *по углу падения* делятся на следующие группы: 1) горизонтальные и весьма пологие (0-10°); 2) пологие (10-30°); 3) наклонные (30-45°); 4) крутопадающие (45-90°).

Единой классификации тел полезных ископаемых *по мощности* не существует. Их разделяют на классы, неодинаковые для разных способов разработки и вида полезных ископаемых (рудные, нерудные).

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых рудные тела делятся на: 1) весьма маломощные (до 2 м), 2) малой мощности (2-10 м), 3) средней мощности (10-20 м), 4) мощные (20-50 м), 5) весьма мощные (более 50 м).

Рудные тела, предназначенные для подземной разработки, подразделяются на следующие классы: 1) тонкие (до 0,8 м), 2) маломощные (0,8-3 м), 3) средней мощности (3-8 м), 4) мощные (8-30 м), 5) весьма мощные (более 30 м).

Угольные пласты при подземной разработке делятся на: 1) весьма тонкие (до 0,7 м), 2) тонкие (0,7-1,2 м), 3) средней мощности (1,2-3,5 м), 4) мощные (более 3,5 м).

По *выдержанности залежей по мощности* они делятся на 4 типа:

1) выдержанные – имеющие рабочую мощность в пределах шахтного поля, месторождения, района или даже бассейна;

2) относительно выдержанные – в пределах которых блоки с нерабочей мощностью составляют не более 25% площади залежи;

3) невыдержанные (прерывистые) – внутри которых блоки с нерабочей мощностью занимают 25-50% площади залежи;

4) крайне невыдержанные – в пределах которых блоки с нерабочей мощностью составляют более 50% площади залежи.

По *глубине залегания* залежей полезных ископаемых, определяющей способ их разработки (открытый, подземный или комбинированный) они подразделяются на: 1) неглубоко залегающие (до 100 м), 2) средней глубины залегания (100-200 м), 3) глубоко залегающие (200-300 м), 4) весьма глубоко залегающие (300-500 м), 5) исключительно глубоко залегающие (более 500 м).

Глубина подземной разработки месторождений обычно не превышает 1000 м, за исключением ЮАР (золото-урановые месторождения района Витватерсранд, около 5 км), Индии (провинция Колар, золото, 3,5 км), Канады и США (2-2,5 км).

*Классификация типов и сортов руд* в залежах полезных ископаемых разработана для целей добычи и обогащения полезных ископаемых. В классификации руд выделяются 4 уровня, образующих иерархическую систему в порядке от крупных подразделений к мелким: 1) технологический тип, 2) промышленный сорт, 3) технологический сорт, 4) природный тип руд.

*Технологические типы* руд различаются способом переработки. Например, на железорудных месторождениях выделяются руды для плавки (мартеновские и доменные), для агломерации (богатые), для обогащения (рядовые и бедные). Эти типы руд выделяются по содержанию в них железа и вредных примесей (серы и фосфора). На многих рудных месторождениях к различным технологическим типам относятся первичные и окисленные руды, так как они требуют разных схем переработки. Каждый технологический тип руды должен быть оконтурен, раздельно добыт и переработан.

*Промышленные сорта* руд отличаются по области применения или условиям – экономически обоснованным показателям качества. Например, на рудных месторождениях выделяют богатые, рядовые и бедные руды. По количе-

ству ценных компонентов руды делятся на комплексные и некомплексные. Комплексные руды подразделяют по соотношению компонентов, например, руды медные и цинковые на колчеданных месторождениях. Часто внутри технологического типа выделяется несколько промышленных сортов руд. Каждый промышленный сорт должен быть оконтурен и запасы его подсчитаны отдельно.

*Технологические сорта* руд различаются показателями обогащения, что обусловлено их текстурно-структурными и минералогическими особенностями. Например, выделяются руды хорошо-, средне- и труднообогатимые. В пределах одного промышленного сорта различные по текстуре и структуре технологические сорта руд могут резко отличаться по количеству и качеству продуктов обогащения. Например, на месторождениях железа прожилково-брекчиевые руды являются легкообогатимыми, а вкрапленные руды - труднообогатимыми.

*Природные типы* руд выделяются по минеральному составу, текстуре и структуре, физическим свойствам. Например, на колчеданных месторождениях по минеральному составу руды могут быть халькопирит-пиритовые, сфалерит-пиритовые, галенит-пиритовые и т.д. По текстуре выделяются руды массивные, вкрапленные, пятнистые, брекчиевидные, прожилковые; по структуре – крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистые. В составе одного технологического сорта может присутствовать несколько природных типов руд.

Изучение типов и сортов руд ведется от частного к общему. Вначале в процессе геологической документации выделяются природные типы руд. Из них отбирают рядовые или секционные пробы. Химический или технический анализ этих проб позволяет разделить руды на промышленные сорта, а по технологическим испытаниям проб – определяют наличие и количество технологических сортов руд. При необходимости применения различных схем переработки руд выделяются технологические типы руд.

## ЛЕКЦИЯ 4

### АНИЗОТРОПИЯ СВОЙСТВ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Анизотропия свойств тел полезных ископаемых проявляется в неоднородном внутреннем строении залежей и разной изменчивости содержаний полезных компонентов по простиранию, падению и мощности рудных тел.

Количественной характеристикой анизотропии является показатель изменчивости ( $I$ ) строения залежи в конкретном направлении. Он представляет собой среднюю скорость смены элементов строения тела в данном направлении. Показатель изменчивости определяется по формулам:

$$1) I = \frac{\sum i}{m},$$

$$2) i = \frac{n}{l_i},$$

где:  $i$  – показатель изменчивости по конкретной линии, проведенной в данном направлении внутри залежи;

$n$  – количество элементов, пересекаемых этой линией;

$l_i$  – длина линии, м;

$m$  – количество линий, проведенных в одном направлении.

Теоретической моделью анизотропии строения тел полезных ископаемых выступает индикатриса анизотропии. Это воображаемая эллипсоидная поверхность, величина радиуса вектора которой соответствует показателю изменчивости ( $I$ ) в разных направлениях. Оси индикатрисы соответствуют по величине и ориентировке осям анизотропии по мощности ( $I_m$ ), ширине ( $I_h$ ) и длине ( $I_L$ ) залежи.

Важной характеристикой анизотропности геометрического строения тел является показатель степени анизотропности ( $A$ ), определяемый по формуле:

$$3) A = \frac{I_{\max}}{I_{\min}} \text{ где } I_{\max}, I_{\min} \text{ – максимальное и минимальное значения показателя}$$

изменчивости строения тел.

При  $A > 1$  залежь полезного ископаемого является анизотропной, при  $A \approx 1$  тело полезного ископаемого имеет изотропное строение.

Каждый из 4 ранее выделенных по форме типов тел полезных ископаемых характеризуется своей анизотропией строения (табл. 4).

Таблица 4

Соотношение между формой и анизотропией строения тел полезных ископаемых

Тип залежи по форме	Геометрические элементы ( $L, \bar{H}, \bar{M}$ ) формы	Анизотропия строения ( $I_M, I_H, I_L$ )
I (пласты, жилы, ленты)	$L > H > \bar{M}$ $B = \frac{L^2}{S}$	$I_M > I_H > I_L$ $A = \frac{I_M}{I_L}$
II (линзы, дисковидные залежи)	$H > \bar{M}$ $B = \frac{\bar{H}}{\bar{M}}$	$I_M > I_H$ $A = \frac{I_M}{I_H}$
III (трубки, столбы)	$L > \bar{M}$ $B = \frac{L}{\bar{M}}$	$I_M > I_L$ $A = \frac{I_M}{I_L}$
IV (штоки, штокверки, гнезда)	$\bar{M}$	$I_M$

Между формой тел полезных ископаемых и анизотропией их внутреннего строения существует тесная связь. Эта зависимость выражается формулой:

4)  $A = KB$ , где  $A$  – показатель анизотропии,  $K$  – коэффициент пропорциональности,  $B$  – показатель вытянутости формы залежи.

I тип залежей (пласты, жилы) характеризуется трехосной анизотропией ( $I_M > I_H > I_L$ ) и индикатрисой анизотропии в форме трехосного эллипсоида или овалоида.

II тип залежей (линзы, дисковидные залежи) представляет двухосная анизотропия ( $I_M > I_H$ ), имеющая индикатрису в форме вытянутого эллипсоида или овалоида.

III тип тел полезных ископаемых (трубки, столбы) также имеет две оси анизотропии ( $I_M > I_L$ ) и индикатрису анизотропии в виде сплюснутого эллипсоида или овалоида вращения.

Для IV типа залежей (штоки, штокверки, гнезда) характерна одноосная анизотропия ( $I_M$ ) и индикатриса шаровидной, сфероидной формы.

## СИММЕТРИЯ ФОРМ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Тела полезных ископаемых, как и кристаллы, обладают определенной симметрией, за исключением залежей сложной формы, для которых элементы симметрии отсутствуют.

Симметрию основных форм тел полезных ископаемых представим в виде таблицы 5.

Таблица 5

Симметрия основных форм тел полезных ископаемых

Тип залежи по форме	Варианты симметрии формы				
	1	2	3	4	5
I Пласты, жилы, ленты	$3L_2 \cdot 3P$	$L_2 \cdot 2P$	$P$	-	Элементы симметрии залежи отсутствуют
II Линзы, дисковидные залежи	$L_\infty \times \infty L_2 \times \infty P$	$L_\infty \times \infty P$	$L_n \cdot nP$	$L_n$	
III Трубы, столбы	$L_\infty \times \infty L_2 \times \infty P$	$L_\infty \times \infty P$	$L_n \cdot nP$	$L_n$	
IV Штоки, штокверки, гнезда	$\infty L_\infty \times \infty P$	$\infty L_\infty$	$nL \cdot n$	-	

Первый тип представлен залежами сплюснуто-вытянутой формы. Для правильной формы тела в виде вытянутого сплюснутого эллипсоида характерна симметрия «кирпичика», по терминологии И.И. Шафрановского, включающая три оси 2 порядка и три плоскости симметрии ( $3L_2 \cdot 3P$ ).

Когда одна поверхность тела более сплюснута, чем другая, наблюдается уменьшение симметрии, и она соответствует симметрии «крыши», состоящей из  $L_2 \cdot 2P$ . Когда срединная поверхность тела сложно изогнутая, а ось тела – кривая линия, имеет место минимальная симметрия, состоящая из одной плоскости симметрии ( $P$ ). Сложные тела лентовидной формы характеризуются отсутствием элементов симметрии.

Второй тип залежей имеет невытянутую линзовидную, дисковидную форму. К третьему типу тел принадлежат залежи трубообразной формы. Тела 2 и 3 типа характеризуются одинаковыми элементами симметрии. Если они обладают идеальной дисковидной или трубообразной формой, то для них характерны ось бесконечного порядка и бесконечное количество осей 2 порядка и плоско-



стей симметрии  $L^\infty \times \infty L_2 \times \infty P$ . Если залежь имеет в плане форму круга, она имеет симметрию «цилиндра» ( $L^\infty \times \infty P$ ). Если тело в плане имеет форму «каравая», отличную от круга, для него характерна симметрия «конуса»  $L_n \cdot nP$ , где  $L_n$  – ось 2 порядка и выше. Когда тело имеет форму «рога», и ось тела криволинейная, сильно изогнутая, имеет место криволинейная ось симметрии  $L_n$ . Для залежей 2 и 3 типов сложной формы элементы симметрии отсутствуют.

Четвертый тип включает залежи, имеющие изометричную форму. Тела идеальной формы имеют симметрию «шара», характеризующуюся наличием бесконечного количества осей бесконечного порядка и бесконечного количества плоскостей симметрии. Для тел, отличных от идеальной формы характерны  $\infty L^\infty$  и  $nL \cdot n$  (где  $n \geq 2$ ), а также отсутствием элементов симметрии для наиболее сложных форм.

Тела полезных ископаемых также характеризуются определенной симметрией анизотропии их строения в зависимости от комбинации осей анизотропии (табл. 6).

Таблица 6

Симметрия анизотропии строения тел полезных ископаемых

Тип залежи по форме	Анизотропия строения ( $I_M, I_H, I_L$ )	Симметрия		
		Варианты	Максимальная	Минимальная
I Пласты, жилы, линзы	$I_M > I_H > I_L$ $A = I_M / I_H$	1	$3L_2 3P$	3P
		2	$L_2 2P$	2P
		3	P	нет
		4	нет	нет
II Линзы, дисковидные залежи	$I_M > I_H$ $A = I_M / I_H$	5	$L^\infty \times \infty L_2$ $\times \infty P$	$L_n$
III Трубы, столбы	$I_M > I_L$ $A = I_M / I_L$	6	$L^\infty \times \infty P$	$L^\infty$ (криволинейная)
IV Штоки, штокверки, гнезда	$I_M$	7	$L^\infty \times \infty P$	$\infty L^\infty$

## ЛЕКЦИЯ 5

### ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ УРОВНИ СТРОЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ

При проведении разведки и эксплуатации месторождений природные структурные уровни строения залежей полезных ископаемых трансформируются в геолого-промышленные уровни. К ним относятся: 1) тело полезного ископаемого, 2) подсчетный блок, 3) эксплуатационный блок (уступ), 4) объем селекции.

1. *Тело полезного ископаемого* как геолого-промышленное понятие представляет собой скопление полезных ископаемых в пределах естественного контура, проведенного по геологическим границам или искусственного контура, проведенного в соответствии с кондициями, удовлетворяющими требованиям промышленности.

2. *Подсчетный геологический блок* соответствует структурному уровню морфологически обособленного участка тел полезных ископаемых. Подсчетный блок должен быть геологически и технологически однородным, находиться в одинаковых горнотехнических условиях и не превышать по размерам полугодовой - годовой объем добычи полезных ископаемых горным предприятием. Среднее содержание полезного компонента в подсчетном блоке должно быть больше минимального промышленного содержания ( $C_{mn}$ ) для отнесения запасов к балансовым.

3. *Эксплуатационный блок или уступ* соответствует структурному уровню локально обособленного участка тела полезного ископаемого. Контуров эксплуатационных блоков зависят от горнотехнических условий эксплуатации. Среднее содержание полезных компонентов в эксплуатационном блоке может быть как больше, так и меньше минимального промышленного содержания ( $C_{mn}$ ), но больше бортового содержания полезных компонентов ( $C_b$ ).

4. *Объем селекции* отвечает структурному уровню минерального агрегата полезных ископаемых. Этот уровень выявляется только на стадии сопровождающей эксплуатационной разведки. В процессе очистных работ выделение объ-

ема селекции целесообразно при отдельной отбойке и выдаче полезных ископаемых и вмещающих пород. Рассмотренные геолого-промышленные уровни строения залежей полезных ископаемых выявляются на разных стадиях геолого-разведочных работ, начиная с разведки месторождения и заканчивая сопровождающей эксплуатационной разведкой.

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Способность измеряемых параметров (мощности тел, содержания полезных компонентов) менять свое количественное значение в разных точках пространства называется **изменчивостью**. При этом различают *случайную* и *координированную*, или *закономерную* изменчивость свойств залежей. Изменчивость свойств тел полезных ископаемых изучается с помощью различных геолого-математических моделей. Среди них наиболее распространенными являются вероятностно-статистическая, геометро-статистическая и геостатистическая модели.

1. Основными характеристиками **вероятностно-статистической** модели являются: 1) среднее значение оценочного параметра ( $\bar{U}$ ), 2) среднеквадратическое отклонение ( $\bar{S}$ ) и коэффициент вариации ( $V$ ). Они определяются по формулам:

$$\begin{aligned} 1) \bar{U} &= \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}, \\ 2) \bar{S} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2}{(n-1)}}, \\ 3) V &= \frac{\bar{S}}{\bar{U}} \cdot 100\% \end{aligned}$$

где:  $U_i$  – измеренное значение параметра в  $i$ -той точке;

$\bar{U}$  – среднее значение параметра,

$n$  – количество определений содержаний полезного компонента или замеров мощности тел полезных ископаемых.

Коэффициент вариации является мерой общей амплитудной изменчивости исследуемого параметра, включающей как случайную, так и закономерную составляющую.

По значению коэффициента вариации залежи полезных ископаемых делятся на 5 групп:

I - Весьма равномерная изменчивость ( $V < 20\%$ ) – пласты углей, фосфоритов, минеральных солей.

II - Равномерная изменчивость ( $V = 20-40\%$ ) – пластообразные залежи железных, марганцевых руд.

III - Неравномерная изменчивость ( $V = 40-100\%$ ) – медноколчеданные линзы, штокверки медных, молибденовых руд.

IV – Весьма неравномерная изменчивость ( $V = 100-150\%$ ) – жильные месторождения молибдена, золота, барита, флюорита.

V – Крайне неравномерная изменчивость ( $V > 150\%$ ) – гнезда редких металлов, драгоценных камней.

**2. Геометро-статистическая модель** для описания изменчивости свойств залежей использует *амплитудные* и *частотные* характеристики. Для оценки закономерной составляющей изменчивости строится график *сглаженной аппроксимирующей функции* с помощью интерполяционного полинома по 5 точкам по формуле:

$$4) U_j = \frac{1}{16}(U_{i-2} + 4U_{i-1} + 6U_i + 4U_{i+1} + U_{i+2}),$$

где  $U_j$  – значение аппроксимирующей функции исследуемого параметра в заданной точке профиля;

$U_i$  – измеренное значение параметра в той же точке  $i$ ;

$U_{i-2}, 4U_{i-1}, 6U_i, 4U_{i+1}, U_{i+2}$  – значения параметра в соседних точках профиля.

Амплитудными характеристиками геологического поля являются: 1)  $\bar{U}$  – среднее значение параметра, 2) среднеквадратичная амплитуда закономерных отклонений параметра ( $S_1$ ), 3) среднеквадратичная амплитуда случайных от-

клонений параметра ( $S_2$ ), 4) погрешность построения аппроксимирующей функции ( $\Delta\alpha$ ), 5) погрешность определения среднего ( $\Delta U$ ). Расчет координированной ( $S_1^2$ ) и случайной ( $S_2^2$ ) дисперсий амплитудной изменчивости производится по формулам:

$$5) S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [fg(x_i) - \bar{U}]^2}{n-1} - \text{координированная дисперсия амплитудной изменчивости,}$$

$$6) S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [U_i - fg(x_i)]^2}{n-1} - \text{случайная дисперсия амплитудной изменчивости,}$$

где:  $U_i$ ,  $\bar{U}$  – единичное наблюдение и среднее значение параметра,  
 $fg(x_i)$  – значение аппроксимирующей функции в конкретном пункте ( $x_i$ ).

Далее определяем доли закономерной и случайной составляющей изменчивости по формулам:

$$7) \frac{S_1^2}{S^2} - \text{доля закономерной составляющей изменчивости,}$$

$$8) \frac{S_2^2}{S^2} - \text{доля случайной составляющей изменчивости, где}$$

где:  $S^2$  – дисперсия общей амплитудной изменчивости параметра.

Погрешность построения аппроксимирующей функции оценивается формулой:

$$9) \Delta\alpha = \frac{\pm 2S_2}{\sqrt{m}} \approx 0,89S_2,$$

где:  $m=5$  (количество членов интерполяционного полинома).

Погрешность определения среднего рассчитывается по формуле:

$$10) \Delta U = \frac{\pm 2S_2}{\sqrt{n}},$$

где:  $n$  – число наблюдений на разведочном профиле.

Радиус геометрической автокорреляции ( $r_q$ ) характеризующей частотную изменчивость параметра, определяется по формуле:

$$11) r_q = \frac{L}{1 + 2Kq},$$

где:  $L$  – длина разведочного профиля, м;

$K_q$  – количество экстремумов (максимумов и минимумов) аппроксимирующей функции (точек, где  $\frac{du}{dx}=0$ ).

Геометро-статистическая модель используется для определения частотной изменчивости параметра при преобладании доли закономерной составляющей изменчивости над долей случайной составляющей или их равных соотношениях.

3. **Геостатистическая модель** применяется для исследования частотной изменчивости при преобладании доли случайной составляющей изменчивости в распределении значений параметра. Основными характеристиками геостатистической модели являются: 1) дисперсия случайной составляющей изменчивости ( $D$ ), 2) автоковариационная функция [ $K(h)$ ], 3) автокорреляционная функция [ $r(h)$ ], 4) вариограмма [ $j(h)$ ], 5) радиус автокорреляции ( $Ra$ ). Эти величины рассчитываются по приведенным ниже формулам.

$$12) D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\delta(x_i)]^2 - \text{дисперсия случайной составляющей изменчивости};$$

$$13) K(h) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [\delta(x_i + h) \cdot \delta(x_i)] - \text{автоковариационная функция};$$

14)  $r(h) = K(h)/D$  – автокорреляционная функция (коэффициент автокорреляции),

$$15) j(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [\varphi(x_i + h) - \varphi(x_i)]^2 - \text{вариограмма};$$

16)  $D = j(h) + K(h)$  – дисперсия случайной составляющей изменчивости;

$$17) \delta(x_i) = \varphi(x_i) - \bar{\varphi},$$

где:  $\delta(x_i)$  - случайное отклонение значений признака от среднего значения в  $i$ -той точке;

$\bar{\varphi}$  - среднее значение признака;

$n$  – количество наблюдений;

$h$  – шаг наблюдений, м;

$m$  – количество соседних отклонений значений признака.

Частотная изменчивость признака (мощности, содержания полезного компонента) в геостатистической модели определяется величиной радиуса авто-

корреляции, за который принимают шаг наблюдений, при котором линия автокорреляции первый раз пересекает линию абсцисс.

Исследование изменчивости свойств тел полезных ископаемых при помощи геометро-статистической или геостатической моделей проводится для выявления анизотропии строения залежей. Она определяется по средним значениям показателей частотной изменчивости – радиусов геометрической автокорреляции ( $R_q$ ) и автокорреляции ( $R_a$ ). Они рассчитываются по разведочным профилям, ориентированным по мощности ( $M$ ), ширине ( $H$ ) или длине ( $L$ ) тел полезных ископаемых. В этом случае коэффициент анизотропии ( $k_a$ ) определяется по формулам:

$$18) k_a = \frac{R_L}{R_M} - \text{для залежей I и III типа (пласты, жилы, трубки);}$$

$$19) k_a = \frac{R_h}{R_M} - \text{для залежей II типа линзовидной, дискообразной формы.}$$

Коэффициент анизотропии ( $k_a$ ) также применяется для оценки степени анизотропии разведочной сети. По его значению выделяют 5 классов разведочной сети:

- 1) изотропная ( $k_a < 1,5$ );
- 2) слабоанизотропная ( $k_a = 1,5-3$ );
- 3) среднеанизотропная ( $k_a = 3-5$ );
- 4) сильноанизотропная ( $k_a = 5-10$ );
- 5) крайне анизотропная ( $k_a > 10$ ).

В первом классе горные выработки и буровые скважины располагаются по квадратной сети, в остальных классах – по прямоугольной сети.

## ЛЕКЦИЯ 6

### ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Геологоразведочные работы на горных предприятиях выполняются для решения следующих задач:

1) выявление и оценка новых запасов полезных ископаемых в районе горного отвода для расширения минерально-сырьевой базы горного предприятия и продления срока его существования - задачи доразведки месторождения;

2) уточнение данных о разведанных запасах полезных ископаемых по мере их вскрытия, подготовки и отработки, повышение степени разведанности запасов – задачи эксплуатационной разведки.

3) контроль за качеством и полнотой отработки запасов полезных ископаемых, величиной потерь и разубоживания полезных ископаемых – текущие задачи геологической службы.

Геологоразведочные работы, направленные на выполнение этих задач проводятся обычно одновременно на различных участках месторождения. Они тесно взаимосвязаны между собой и составляют основу геологического обеспечения рациональной эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

#### ДОРАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Доразведка месторождений в действующем Положении о стадийности геологоразведочных работ не рассматривается как отдельная стадия. Необходимость проведения доразведки месторождения определяется недропользователем.

Доразведка месторождения, не освоенного промышленностью, хотя и детально разведанного проводится для получения дополнительной геологической информации. Она необходима в связи с пересмотром проектной производственной мощности горного предприятия, технологии добычи и переработки минерального сырья. Доразведка месторождений полезных ископаемых также осуществляется при несоответствии имеющейся геологической информации действующей классификации запасов полезных ископаемых.

Доразведка разрабатываемого месторождения проводится на менее изученных его участках: флангах, глубоких горизонтах, обособленных залежах. Она предусматривает детальное изучение этих участков для восполнения отрабо-



таных запасов месторождения разведанными запасами промышленных категорий (А, В, С<sub>1</sub>).

Основными задачами доразведки месторождения являются:

- 1) изучение изменчивости формы тел полезных ископаемых;
- 2) выявление закономерностей распространения полезных компонентов в залежах полезного ископаемого;
- 3) выявление природных разновидностей, промышленных типов и сортов полезных ископаемых;
- 4) комплексное изучение основных и попутных полезных компонентов, их фазового состояния;
- 5) уточнение гидрогеологических, инженерно-геологических, горнотехнических условий месторождения;
- 6) оконтуривание безрудных участков внутри тел полезных ископаемых, а также участков развития тектонических нарушений;
- 7) увеличение количества запасов месторождения за счет изменения контуров известных залежей на флангах и глубине, а также оконтуривания вновь выявленных тел полезных ископаемых;
- 8) изучение технологических свойств полезных ископаемых, их влияние на геолого-экономическую оценку месторождения.

Доразведка разрабатываемого месторождения по детальности проведения геологоразведочных работ может соответствовать стадиям оценочных и разведочных работ. На менее изученных участках месторождения (флангах, глубоких горизонтах) доразведка проводится с целью получения запасов полезного ископаемого категорий С<sub>2</sub> и С<sub>1</sub>, их постепенного перевода в категории В и А с последующей подготовкой этих участков к отработке.

Доразведка эксплуатируемого месторождения отличается от разведки нового месторождения следующими особенностями: 1) использование при проектировании разведочных работ уже известных на детально разведанных участках факторов локализации полезных ископаемых; 2) возможность совмещения во

времени и пространстве отдельных стадий геолого-разведочных работ (оценки, разведки, эксплуатационной разведки); 3) максимальное использование для разведочных целей подготовительных и нарезных горных выработок и наоборот, разведочных горных выработок – для вскрытия, подготовки и нарезки тел полезных ископаемых; 4) возможность отработки новых разведанных тел полезных ископаемых сразу же после оперативного подсчета их запасов; 5) геолого-экономическая оценка разведанных запасов проводится на основе реальных технико-экономических показателей работы горного предприятия.

Выбор систем и технических средств доразведки месторождений полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождения, в соответствии с параметрами сети, использованной при разведке месторождения, а также способами и системами его разработки. С учетом этих факторов на стадии доразведки применяются следующие системы разведки: 1) по сети (квадратной, прямоугольной, ромбической); 2) параллельных сечений (разрезов) – горизонтальных и вертикальных.

Разведка по сети используется для крупных по размерам, простых по морфологии и внутреннему строению тел полезных ископаемых, залегающих горизонтально или полого I и II групп сложности – пластов, штокверков, пластообразных залежей.

Разведка горизонтальными сечениями осуществляется для крутопадающих тел сложной формы и строения – трубообразных, жильных. Вертикальные сечения применяются при разведке любых по форме тел, характеризующихся переменными углами падения, со сложным внутренним строением.

Частным случаем системы вертикальных сечений является разведка аллювиальных россыпей, когда расстояние между разведочными линиями в десятки раз может превышать расстояние между разведочными выработками в линиях.

На стадии доразведки месторождений в зависимости от сложности их строения применяются буровые, комбинированные (горно-буровые) или горные разведочные системы.

Доразведка месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом, обычно имеет меньшие масштабы, чем на горных предприятиях, ведущих подземную разработку месторождений. Доразведка на таких месторождениях проводится с целью более детального изучения флангов и периферийных частей тел полезных ископаемых для обоснованного определения контура карьера и размещения производственных коммуникаций и объектов. Доразведка залежей полезных ископаемых проводится сочетанием скважин колонкового и бескернового бурения.

При подземной разработке доразведка осуществляется на всех месторождениях, независимо от группы сложности по геологическому строению. На пластовых месторождениях I группы сложности применяются буровые системы. В случае глубокого залегания тел полезных ископаемых используются горно-буровые системы с проходкой коротких восстающих и рассечек из штреков и квершлагов и бурением скважин.

Такая комбинированная система применялась, в частности, на Миргалимсайском полиметаллическом месторождении для создания разведочной сети 50x50 м и отнесении запасов к категории В.

Доразведка пластообразных и линзовидных тел на месторождениях II группы сложности осуществляется путем проходки разведочных горных выработок и бурением подземных скважин при преобладающей роли последних, доразведка таких тел реализуется по двум принципиальным схемам – штрековой и ортовой. При штрековой схеме производится веерное бурение скважин в вертикальной плоскости из полевых горно-подготовительных штреков. При ортовой схеме доразведки проходят орты из штреков, а затем из тех и других бурят наклонные и горизонтальные скважины вкрест простирания тела полезного ископаемого.

Для доразведки жильных и штокверковых месторождений III группы сложности также применяются комбинированные системы, при повышенной роли горных выработок по сравнению с буровыми скважинами.

Доразведка жилообразных и гнездовидных залежей на месторождениях IV группы сложности проводится горными системами. Например, на месторождениях изумруда до глубины 30-40 метров проходят шурфы с рассечками вкрест простирания жильных зон, а доразведка глубоких горизонтов проводится комплексом подземных горных выработок (шахт, квершлагов, штреков и ортов).

В целом доразведка флангов и глубоких горизонтов месторождений характеризуется большей плотностью разведочной сети, чем их разведка.

## ЛЕКЦИЯ 7

### ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Эксплуатационная разведка – это стадия геологоразведочных работ, проводимых в процессе разработки месторождения. Цель эксплуатационной разведки состоит в уточнении полученных при разведке данных о количестве, качестве запасов, условиях залегания тел полезных ископаемых. Она предназначена для текущего и оперативного планирования добычи полезных ископаемых, обеспечения проведения горно-капитальных, горно-подготовительных, нарезных и очистных работ, контроля за полнотой и качеством отработки запасов.

Основными задачами эксплуатационной разведки являются:

1) Уточнение условий залегания, размеров и формы тел полезных ископаемых, их внутреннего строения в пределах рабочего или подготавливаемого к отработке этажа, горизонта, блока или уступа.

2) Оконтуривание безрудных прослоев и участков некондиционных руд внутри рудных тел.

3) Детальное изучение качества полезных ископаемых, распределения полезных и вредных компонентов, пространственного размещения типов и сортов полезного ископаемого.

4) Учет потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче.

5) Определение гидрогеологических, инженерно-геологических, горнотехнических условий эксплуатации месторождения.

Эксплуатационная разведка, в отличие от стадии разведки месторождений, имеет следующие особенности: 1) она проводится не на всем месторождении, а по мере развития добычных работ, опережая их не более чем на один - два года; 2) система эксплуатационной разведки и плотность разведочной сети зависят не только от природных геологических факторов, но также и от применяемых систем разработки месторождения и технологии обогащения и переработки полезных ископаемых; 3) разведочные горные выработки и буровые скважины проходят из подготовительных, нарезных и очистных выработок и они часто не пересекают тело полезного ископаемого на всю мощность; 4) методики эксплуатационной разведки при открытом и подземном способах разработки существенно различаются; 5) опробование при эксплуатации месторождений приобретает массовый характер.

Методику проведения эксплуатационной разведки определяют следующие факторы:

- 1) сложность контура залежей полезного ископаемого и их внутреннего строения;
- 2) применяемые системы открытой, подземной или комбинированной разработки месторождения и способы переработки полезного ископаемого;
- 3) ценность минерального сырья и себестоимость его добычи;
- 4) расположение и плотность разведочной сети на стадии разведки месторождения.

Эксплуатационная разведка, несмотря на ее специфические особенности, в значительной мере наследует систему разведки месторождения или приспосабливается к ней. Часто разведочная сеть в процессе эксплуатации месторождения только сгущается вдвое или четверо.

Вместе с тем, формируемая система эксплуатационной разведки тесно связана с системой подготовки и нарезки эксплуатационных этажей (горизонтов). Особенно это имеет значение при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Эксплуатационная разведка проводится за счет основных производственных фондов горного предприятия, затраты на ее проведение относятся на себестоимость добываемого полезного ископаемого.

Эксплуатационная разведка делится на две подстадии (опережающую и сопровождающую). Эти подстадии отчетливо различаются по целевому назначению, методике работ и применяемым техническим средствам разведки.

Опережающая эксплуатационная разведка проводится в пределах эксплуатационного этажа или группы блоков, подготавливаемых к очистным работам при подземном способе разработки месторождения или в пределах уступа карьера при открытом способе разработки. Она ведется одновременно с горно-капитальными, горно-подготовительными и нарезными работами. Целью этой подстадии является уточнение контуров тел полезных ископаемых, определение запасов и качества полезных ископаемых, условий их пространственного размещения в пределах эксплуатационного участка. Детальное изучение этих вопросов необходимо для составления локальных проектов разработки месторождения и текущего (годового) планирования работы горного предприятия. Пережающая эксплуатационная разведка проводится на 1-2 года раньше добычных работ. Задачами ее при открытой разработке месторождений являются: 1) уточнение контуров залежи полезных ископаемых на 1-2 горизонтах, расположенных ниже горизонта текущих очистных работ; 2) прослеживание и оконтуривание блоков пустых пород и некондиционных руд внутри тел полезных ископаемых, участков, сложенных различными технологическими типами с сортами полезного ископаемого. Количество оцененных на этой подстадии запасов должно быть не менее годовой производительности предприятия по руде, а для маневрирования горными работами должно превышать годовой объем добычи руды в 2-3 раза.

Система опережающей эксплуатационной разведки, как правило, наследует систему проведенных разведочных работ. Она включает, в зависимости от сложности геологического строения месторождения, проходку буровых сква-

жин целевого назначения и горных выработок. Например, при разработке пластобразных залежей железистых кварцитов Криворожского бассейна проходились вертикальные и наклонные колонковые скважины, а также скважины шарошечного бурения на высоту двух уступов карьера. При этом плотность сети (50x50 м) в 2 раза превышала плотность разведочной сети для оценки запасов категории В. Разведочная сеть сгущается дифференцированно в зависимости от сложности строения залежи полезного ископаемого. В первую очередь бурятся скважины для детализации приконтурной зоны. Промежуточные профили скважин проходят в тех случаях, когда данных по основным разведочным профилям недостаточно для характеристики внутреннего строения тел полезных ископаемых. Эти промежуточные профили могут быть короткими, охватывающими приконтурную полосу или участки развития пустых пород внутри тел.

На штокверковых месторождениях руд цветных металлов II и III групп сложности опережающая эксплуатационная разведка осуществляется бурением колонковых или бескерновых скважин (ударно-канатных, шарошечных) с обязательной проходкой контрольных шурфов. Это объясняется наличием расхождений между данными разведки и эксплуатации в связи с избирательным истиранием в керне хрупких минералов (молибденита).

Проведение опережающей эксплуатационной разведки при подземной разработке месторождений полезных ископаемых характеризуется большей сложностью. Это вызвано как многообразием морфологических типов тел полезных ископаемых, так и множеством применяемых систем разработки.

Разрабатываемые подземным способом месторождения по условиям проведения опережающей эксплуатационной разведки делятся на две группы:

I группа включает системы отработки с открытым очистным пространством (камерно-столбовые, этажно-камерные), системы этажного и подэтажного обрушения. В этих системах подготовка к очистной выемке заключается в проходке большого количества горных выработок для выпуска руды и ее транспортировки. Нарезка блоков при разработке месторождений выполняется на

достоверной геологической основе, так как перестройка горных работ в процессе очистной выемки затруднительна.

Во II группу входят системы разработки с магазинированием руды, с закладкой и креплением очистного пространства. Такие системы позволяют изменять конструкцию очистных блоков при получении дополнительной геологической информации.

Опережающая эксплуатационная разведка для систем обеих групп заключается в бурении целевых разведочных скважин и проходке горных выработок. При этом соблюдается определенная очередность ведения работ. Сначала с горизонта эксплуатации на нижележащий горизонт бурят наклонные скважины, расположенные по 2-4 в разрезе и через определенный интервал по простиранию тел. Эти скважины приурочиваются по возможности к разведочным линиям или границам эксплуатационных блоков (камер). При необходимости бурятся также горизонтальные или восстающие скважины. Затем проходят основные подготовительные выработки (откаточные штреки, орты, восстающие), которые одновременно являются и разведочными.

При выборе плотности разведочной сети за основу принимается тот фактор, который оказывает решающее влияние на ход подготовительных и очистных работ (сложность формы тел полезных ископаемых, их внутреннего строения, размер тектонически однородных блоков). Например, плотность разведочной сети буровых скважин на Высокогорском скарново-магнетитовом месторождении железа, рудные тела которого разделены пострудной тектоникой на отдельные блоки, определялась длиной этих блоков, составившей в среднем 25 метров.

Сопровождающая эксплуатационная разведка жиллообразных и гнездообразных тел на месторождениях IV группы сложности (редких, благородных металлов, драгоценных камней) проводится штреками, ортами, рассечками. Они проходятся таким образом, чтобы их можно было использовать в качестве заездов при выпуске руды из блока. Для разведки применяются также вентиляци-



онные или перепускные восстающие, отстоящие друг от друга по простираанию тел полезных ископаемых на 20 метров. Из них проходят рассечки с расстоянием 10-20 метров по падению рудного тела.

## ЛЕКЦИЯ 8

### СОПРОВОЖДАЮЩАЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Сопровождающая эксплуатационная разведка месторождений проводится в пределах обрабатываемых блоков одновременно с очистными работами. Она заключается в опробовании нарезных и очистных выработок, технологических скважин и шпуров, их геологической документации. Задачами этой подстадии работ являются: уточнение контуров тел полезных ископаемых, безрудных и некондиционных участков внутри них, запасов полезных ископаемых, распределения различных по качеству руд, размещения технологических типов и сортов полезных ископаемых.

Полученные данные используются для оперативного планирования (квартального, месячного, суточного) добычи полезных ископаемых, управления процессом разработки, усреднения руд, определения размеров фактической добычи, потерь и разубоживания полезных ископаемых, систематического контроля за полнотой и качеством отработки запасов.

Сопровождающая эксплуатационная разведка при открытой разработке месторождений проводится в пределах уступа карьера, находящегося в отработке. Ее целью является уточнение внутреннего строения рудного тела, количества и качества руды. Она заключается в документации и опробовании шлама буровзрывных скважин, нарезных траншей, бортов уступов, забоев карьера.

Взрывные скважины бурятся на высоту одного уступа с небольшим перебором по густой сети. Так, на уральских медноколчеданных месторождениях эти скважины проходились по сети 5х5 м, на месторождениях железных руд Кривбасса по сети 6х6 м, 8х8 м.

Опробование проводится во всех скважинах или по разряженной сети. В этом случае достоверность опробования должна быть научно обоснована. Качество руд определяется по рядовым пробам. Для определения качества руд нередко применяется геофизическое опробование (магнитный каротаж на железорудных месторождениях, экспрессные рентген-радиометрические анализы для определения содержания цветных металлов). На некоторых месторождениях опробуются перебуры скважин для прогнозирования качества руды на ниже лежащий уступ. Обогащаемость руд изучается с помощью забойного опробования. Пробы, отбираемые в процессе сопровождающей эксплуатационной разведки анализируются экспрессно, с получением результатов анализов через сутки, а иногда и через несколько часов после взятия проб. Результаты анализов проб наносятся на планы погоризонтного опробования. Они являются основными документами для оперативного планирования и управления процессами добычи и усреднения руд. Это способствует повседневному контролю за полнотой и качеством отработки запасов полезных ископаемых.

Сопровождающая эксплуатационная разведка при подземной разработке месторождений совмещается с проходкой нарезных выработок и скважин для отбойки руды. В результате ее проведения обеспечиваются оперативное планирование добычи полезных ископаемых, контроль за качеством и полнотой выемки запасов с минимальными потерями и разубоживанием полезных ископаемых. Эта подстадия работ включает документацию и опробование нарезных и очистных выработок, отбор шламовых проб из шпуров и буровзрывных скважин, применение геофизических методов опробования.

На месторождениях, разработка которых осуществляется системами I группы (камерно-столбовые, с обрушением руды) доступ в очистное пространство невозможен. Это исключает проведение прямых геологических наблюдений. Для получения необходимой дополнительной геологической информации проводится опробование и каротаж буровзрывных скважин, документация нарез-

ных выработок (заходок, подэтажных штреков, буровых камер) и отбор проб из них.

На месторождениях, обрабатываемых системами II группы (магазинирование, слоевая выемка, с распорной крепью), имеется доступ к очистному забою.

Для таких месторождений характерны рудные тела небольшой мощности. Сопровождающая эксплуатационная разведка на них проводится путем систематического опробования и документации очистного забоя и периодического вскрытия контактов тел полезных ископаемых короткими шпурами или рассечками. В зависимости от сложности строения рудного тела и характера распределения в нем полезных компонентов расстояние между опробуемыми слоями (лентами) составляет от 2 до 8 м, между бороздами в слое от 2 до 5 м. При обосновании плотности сети сопровождающей эксплуатационной разведки главными критериями являются получение минимальных потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче и поставка на обогатительную фабрику или металлургическое предприятие руды требуемого качества.

В практике проведения эксплуатационной разведки наибольшее распространение получили следующие методы обоснования плотности разведочной сети: 1) основанные на допустимых ошибках геометризации положения залежи в пространстве; 2) экономического анализа; 3) сравнения данных разведки и эксплуатации.

Кроме аналитических методов при обосновании системы эксплуатационной разведки и плотности разведочной сети также применяется метод внутриобъектной аналогии. Его сущность состоит в том, что для участков тел полезных ископаемых одинаковой сложности геологического строения и технологических особенностей разработки применяются одни и те же соотношения объемов горных и буровых работ, одна и та же плотность и форма разведочной сети. Аналогия проводится по различным частным показателям сложности строения залежей полезных ископаемых: 1) сложности контура участка или рудного те-

ла; 2) длине граничных линий контуров технологических типов и сортов руд; 3) интенсивности тектонических нарушений.

В качестве обобщающего количественного показателя Ю.К. Пановым был предложен стереологический показатель сложности (ПС) тел полезных ископаемых на стадии эксплуатационной разведки. Он вычисляется по формулам:

$$1) \text{ ПС} = \frac{L}{S},$$

$$2) L = l_k + l_c + l_n,$$

где:  $L$  – суммарная длина граничных линий, м;

$S$  – площадь участка рудного тела, м<sup>2</sup>;

$l_k$  – длина контура участка, м;

$l_c$  – суммарная длина контактных линий технологических типов или сортов руд, м;

$l_n$  – суммарная длина линий дизъюнктивных нарушений, м.

Отношения  $\frac{l_k}{S}, \frac{l_c}{S}, \frac{l_n}{S}$  определяют соответственно долю сложности строения залежи на основе учета конфигурации площадей, распространения сортов и типов руды, интенсивности тектонических нарушений. Сопоставление этих отношений позволяет выявить главные факторы, определяющие сложность строения тел полезных ископаемых.

Результаты исследований, проведенных на различных по сложности геологического строения месторождениях, показали, что величина показателя сложности колеблется от 0,02 до 5,0.

Наименьшие значения показателя сложности характерны для осадочных морских пластовых месторождений Fe и Mn I группы сложности (ПС=0,02-0,1), для медноколчеданных месторождений Урала II группа сложности ПС=0,1-0,5. Для жильных золоторудных месторождений третьей группы сложности, ПС=0,5-2. Наибольшее значение показателя сложности установлено для редкометальных пегматитовых месторождений IV группы сложности (Ta, Nb) с дискретным распределением рудной минерализации (ПС=2-5).

Стереологический показатель сложности (ПС) строения залежей рекомендуется для оптимизации сети эксплуатационной разведки при разработке месторождений открытым способом – карьерами.

За критерий оптимизации принимается минимум затрат на разведку и ущерба от недоизученности сложности строения залежи. Оптимизация разведочной сети проводится в определенной последовательности.

Сначала по ранее разведанным участкам и 2х – метровым перебурам технологических скважин вычисляются показатели сложности отработанного участка и проектируемого к разработке участка. В отработанных залежах выделяются эталонные участки, контрастно отличающиеся по сложности строения и величине показателя сложности. На эталонном участке проводится не менее 3-х вариантов разрежения сети технологических скважин. Затем по каждому варианту разрежения сети рассчитываются потери и разубоживание полезных ископаемых, затраты и ущерб на 1 тонну балансовых запасов руды. Разведочная сеть с минимумом затрат и ущерба принимается за оптимальную. В дальнейшем рассчитанные параметры сети эксплуатационной разведки применяют на участках, проектируемых к разработке, с показателями сложности строения, близкими к эталонным.

## ЛЕКЦИЯ 9

### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Геологическая документация на горных предприятиях является основной информационной базой геологического обеспечения их производственной деятельности.

Основными задачами геологической документации на действующих предприятиях (рудниках, шахтах, карьерах) являются:

- 1) установление истинных границ тел полезных ископаемых;
- 2) выявление внутреннего строения залежей полезных ископаемых;

3) определение пространственного размещения типов и сортов полезных ископаемых для рационального планирования подготовительных, нарезных и очистных работ, предотвращения сверхнормативных потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче.

Объектами геологической документации на горных предприятиях служат открытые горные выработки (нарезные траншеи, борта уступов, забои карьеров), подземные горные выработки (квершлагги, штреки, орты, штольни, восстающие, гезенки, уклоны), а также разведочные и технологические буровые скважины.

Выделяют 4 формы геологической документации: 1) первичная; 2) окончательная; 3) техническая; 4) сводная.

Первичная (полевая) геологическая документация включает сбор и запись информации при проведении разведочных и эксплуатационных работ на месторождениях.

При открытой разработке месторождений к первичной геологической документации относятся: 1) журналы массовых зарисовок и фотографий уступов и забоев карьеров; 2) журналы детальных и тематических зарисовок; 3) журналы документации и опробования забоев и уступов карьера, скважин (буровзрывных и эксплуатационной разведки); 4) рабочие фрагменты геологических планов уступов карьеров для отдельных участков и блоков; 5) журналы замеров водопритоков, определения физико-механических свойств горных пород и полезных ископаемых (объемной массы, пористости, влажности).

Первичная геологическая документация при подземной разработке месторождений включает: 1) массовые зарисовки и фотографии разведочных, капитальных, подготовительных, нарезных и очистных горных выработок; 2) журналы документации и геологические колонки скважин эксплуатационной разведки и буровзрывных скважин; 3) журналы опробования буровых скважин и горных выработок, определения физических свойств горных пород и полезных

ископаемых; 4) журналы гидрогеологических наблюдений и определения водопритоков; 5) журналы документации признаков проявления горного давления.

Окончательная (чистовая) геологическая документация выполняется на основе полевых зарисовок, но с обязательной корректировкой данных по итогам опробования, минералого-петрографического изучения каменного материала. Материалы окончательной геологической документации включают альбомы чистовых зарисовок горных выработок, очистных забоев, геологических колонок буровых скважин, журналы опробования, определения качества руды во взрывных блоках, эталонные коллекции руд и пород.

Техническая геологическая документация включает составление различных актов, журналов, реестров при ведении горных и буровых работ в процессе эксплуатации месторождений.

При проходке горных выработок и буровых скважин составляются акты о их заложении или закрытии. Все отобранные образцы регистрируются в журнале образцов, в котором указываются их привязка, полевое определение.

Взятые пробы также регистрируются в журнале отбора лабораторных проб. В нем указываются номер пробы, дата взятия, место отбора, материал пробы, вид лабораторных исследований (химический, минералогический, спектральный анализы). Обработка проб также документируется в специальных журналах. Пробы, отбираемые для внутреннего и внешнего контроля анализов, регистрируются в журнале контрольных анализов. Технологические пробы, направляемые для исследований, сопровождаются актом отбора и паспортом пробы. Пройденные разведочные выработки заносятся в реестры горных выработок и буровых скважин, в которых фиксируются их номер, привязка, целевое назначение.

Сводная геологическая документация на горных предприятиях включает: 1) погоризонтные геолого-маркшейдерские планы; 2) поперечные и продольные разрезы по профилям доразведки и эксплуатационной разведки месторождений; 3) погоризонтные качественные сортовые или геолого-технологические

планы; 4) сводные геологические планы карьера, эксплуатационных подземных горизонтов рудника (шахты); 5) планы и разрезы с изолиниями структурно-морфологических и качественных показателей месторождения, отметок кровли, подошвы залежи, содержаний полезных компонентов, мощности тел полезных ископаемых; 6) блок-диаграммы месторождений, тел полезных ископаемых; 7) гидрогеологические и инженерно-геологические планы для месторождений со сложными условиями.

Целью сводной геологической документации является обобщение и увязка между собой материалов первичной и окончательной геологической документации горных выработок и буровых скважин и составление планов, разрезов, проекций, блок-диаграмм, отражающих строение месторождения, качество полезного ископаемого, гидрогеологические и инженерно-геологические условия его отработки. Совокупность сводной геологической документации представляет графическую модель месторождения. Она служит основой для подсчета запасов полезных ископаемых, проектирования вскрытия и разработки месторождения, планирования добычи полезных ископаемых, прогноза их распространения на глубину и фланги месторождения.

Содержание геологической документации при разработке месторождений включает: 1) изучение элементов залегания тел полезных ископаемых (простираения, падения, склонения); 2) описание природных типов и сортов полезных ископаемых; 3) характеристика околорудных метасоматических пород; 4) определение минерального состава, текстуры и структуры руд и вмещающих пород; 5) выявление складчатых и разрывных нарушений (дорудных, внутрирудных и пострудных); 6) исследование гипергенных изменений пород и руд; 7) фиксация признаков проявления горного давления (стреляния, пучения, отслоения, вывалов, заколообразования горных пород).

При открытой разработке месторождений карьерами документация откосов уступов и забоев производится методами зарисовки или фотографирования в



масштабе 1:200, а наиболее интересных в геологическом отношении участков (контактов, тектонических нарушений и т.д.) – в масштабе 1:50.

Откосы рудных уступов документируются по мере продвижения фронта работ не реже, чем через 20 м. Движущиеся забои зарисовываются ежемесячно для пополнения геологическими данными маркшейдерских планов карьера.

При подземной разработке месторождений стенки и кровля горных выработок, пройденных по простиранию тел полезных ископаемых (штреков, штолен), документируются непрерывно. Забои в полевых штреках обычно документируются через 20-25 м, а в рудных штреках не реже, чем через 5-10 м. Горные выработки, пересекающие тела полезных ископаемых по мощности (орты, расчески) подвергаются сплошной документации. В зависимости от сложности геологического строения тел в выработке зарисовываются либо одна стенка, либо стенка и кровля, либо обе стенки и кровля. Пробы отбираются обычно по одной из стенок, реже двум стенкам выработки. При документации наклонных и крутопадающих выработок (гезенков, восстающих, уклонов) пробы отбираются эпизодически только в доступных местах.

Документация буровзрывных скважин технологического назначения предназначена для изучения качества рудной массы, подготавливаемой к добыче. Главным объектом документации и опробования буровзрывных скважин является шлам, отбираемый с каждого интервала длиной 1-2 м желонкой. При вращательном шарошечном бурении шлам выдувается воздушной струей. На рудниках проводится регулярное описание проб шлама, его цвета, состава, в соответствии с составленной эталонной коллекцией. Результаты лабораторных исследований шламовых проб служат основой для уточнения границ руд различных сортов на подготавливаемом к взрыву участке.

Скважины колонкового бурения документируются в соответствии с Инструкцией по отбору, документации керна скважин, в процессе их бурения. Документация включает буровой журнал, акты о заложении и закрытии скважин, акты замеров искривления скважин, акты контрольных замеров их глубины, ак-

ты на перебурку рудного тела, ликвидационного тампонажа. Первичная документация ведется по рейсовым уходкам в буровом журнале. При описании керна определяют минеральный состав пород и руд, их текстуру и структуру, характер наблюдаемых контактов, трещиноватость.

## ЛЕКЦИЯ 10

### ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ (ГТК) РУД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ГКТ представляет собой комплекс работ, позволяющий выявить и отобразить в пространстве технологически неоднородности месторождения, оценить технологические свойства руд, обосновать оптимальную систему разработки руд в режиме усреднения. Предметом ГТК являются технологически однорудные блоки (ТОБ). Это геологически однородные блоки, в пределах которых руды обладают относительно однородными технологическими свойствами.

Специальными методами ГТК являются:

- 1) Выявление технологических параметров, увязывающих особенности вещественного состава руд с требованиями технологических процессов;
- 2) Отображение технологических параметров в пространстве путем составления геолого-технологических планов и разрезов.

**Цель ГТК** заключается в технологической оценке разведанных запасов и геологическом обосновании формирования однородного по качеству потока руды в течении различных по времени периодов работы рудника (завода).

**Задачами ГТК** являются:

- 1) Составление частной геолого-технологической классификации руд, увязывающей свойства руд с технологическими требованиями завода;
- 2) Выявление технологических неоднородностей в контуре балансовых руд и их графическое отображение в пространстве;
- 3) Оценка технологических свойств руд;
- 4) Составление эффективной системы технологического опробования руд;

- 5) Разработка оптимального варианта технологических испытаний руд и способа металлургического передела;
- 6) Обоснование оптимальной системы разработки руд в режиме усреднения.

ГТК включает следующие операции:

- 1) Отбор минералого-технологических проб по опорной сети разведочных выработок;
- 2) Детальное изучение вещественного состава и структурных параметров минералого-технологических проб;
- 3) Исследование обогатимости минералого-технологических проб;
- 4) Составление минералого-технологических карт рудных тел.

На этапе изучения вещественного состава проб полезного ископаемого решают следующие задачи:

- 1) Выделение перечня полезных компонентов на данном месторождении, их количество, минеральные формы;
- 2) Выявление основных и попутных компонентов;
- 3) Составление баланса распределения полезного компонента по минералам-концентраторам и собственным минералам;
- 4) Определение парагенетических ассоциаций, в которые входит основной полезный минерал, количества его генераций;
- 5) Выяснение пространственного распределения продуктивных минеральных парагенезисов на каждой стадии процесса рудоотложения;
- 6) Установление на месторождении вертикальной (или горизонтальной) зональности оруденения;
- 7) Определение присутствия и содержания в полезном ископаемом вредных компонентов;
- 8) Оценка масштабов развития на месторождении процессов гипергенеза (зоны окисления).

При изучении минералого-технологических проб определяются признаки обогатимости руд. Они подразделяются на три группы:

1 группа включает признаки, необходимые для выделения и оконтуривания технологических типов руд. К этой группе относятся валовые содержания основных и попутных полезных компонентов, текстурно-структурные особенности, кусковатость и глинистость руд.

2 группа содержит признаки, используемые для выделения и оконтуривания технологических сортов и разновидностей руд. К ним относятся содержание вредных примесей, размеры рудных выделений, характер срастания минералов.

3 группа включает признаки для более детальной характеристики выделенных сортов и разновидностей руд. К этой группе относятся степень раскрытия зерен рудных минералов при измельчении руд, полный химический и минералогический состав руд, их объемная масса, пористость, влажность, абразивность, крепость.

По степени обогатимости руды делятся на легко-, средне- и труднообогатимые. На обогативность руд влияют их минеральный состав, текстурно-структурные особенности, характер зернистости, механические свойства (руда монолитная, выветрелая, рыхлая, глинистая), степень проявления вторичных процессов (окварцованность, лимонитизация и др.). Например, на Джекказганском месторождении медистых песчаников вкрапленные сульфидные медные руды являются хорошо обогатимыми, а окисленные руды – труднообогатимыми.

Выделение технологических типов и сортов руд является основой для характеристики технологической неоднородности рудных тел в пределах разрабатываемого месторождения. Технологическая типизация руд проводится по следующим данным:

- 1) Содержание основного металла в руде ( $\alpha$ );
- 2) Выход концентрата ( $\gamma$ );
- 3) Извлечение металла в концентрат ( $\epsilon$ );
- 4) Содержание металла в концентрате ( $\beta$ );

#### 5) Размеры рудной вкрапленности.

Далее проводится оконтуривание природных и технологических типов и сортов руд на картах, планах, разрезах и проекциях с использованием приемов интерполяции и экстраполяции.

Все виды геолого-технологических карт делятся на три группы:

- 1) Карты свойств минералов, их конкретных признаков, пространственных закономерностей формирования и распределения, имеющих значение для обогащения руд. Примером могут служить карты размеров рудной вкрапленности, габитуса кристаллов полезных минералов, карты распространенности генерации полезного минерала;
- 2) Минералого-технологические карты. К ним относятся карты природных типов и сортов руд, карты текстур, структур руд;
- 3) Карты промышленных типов и сортов руд, выделенных по данным мало-объемного технологического картирования.

В качестве примера рассмотрим технологическую типизацию руд на Риддер-Сокольном полиметаллическом месторождении на Рудном Алтае. На этом месторождении в зависимости от интенсивности проявления процессов гипергенеза выделены следующие природные типы руд: сульфидные свинцово-цинковые, медно-свинцово-цинковые, медные, цинково-медные, окисленные и смешанные. Несколько меньше на месторождении определено технологических типов руд: полиметаллический, медный, цинково-медный, окисленные свинцово-цинковый и полиметаллический, смешанный. При этом в каждом технологическом типе выделяются от одного до трех технологических сортов руд по извлечению в концентрат ( $\epsilon$ ) основных металлов – меди, свинца и цинка.

При проведении геолого-технологического картирования на месторождениях бокситов осадочного и латеритного типов основными технологическими параметрами являются кремниевый модуль ( $M_{Si} = Al_2O_3/SiO_2$ ), приведенный глинозем ( $A_{пр} = Al_2O_3 - 2SiO_2$ ), содержание вредных примесей (S, CO<sub>2</sub>) в рудах.

При разработке месторождений гипергенных никелевых руд основными технологическими параметрами служат:

1) Минералогический параметр ( $T_o$ ), определяемый по формуле

$$1) T_o = \frac{P_c}{P_o},$$

где:  $P_c, P_o$  - площадные продуктивности руд никеля силикатного и окисного типов ( $t/m^2$ ) в пределах технологически однородного блока (ТОБ). Площадь ТОБ определяется исходя из расстояния между скважинами эксплуатационной разведки, пройденными на месторождении.

Площадные продуктивности силикатных и окисных руд ( $P_c$  и  $P_o$ ) устанавливаются по формулам:

$$2) P_c = m_c \times C_c \times d_c \times 10^{-2} (t/m^2),$$

$$3) P_o = m_o \times C_o \times d_o \times 10^{-2} (t/m^2),$$

где:  $m_c, m_o$  - мощность силикатных и окисных руд по разведочной скважине, м;

$C_c, C_o$  - средние содержания никеля в силикатных и окисных рудах, %;

$d_c, d_o$  - объемная масса силикатных и окисных никелевых руд ( $t/m^3$ ).

2) Геохимический параметр ( $K_3$ ), устанавливаемый как отношение произведения содержаний основных компонентов руд в коре выветривания, испытавших концентрацию ( $Fe_2O_3, Al_2O_3$ ), к произведению содержаний компонентов в рудах, подвергшихся рассеянию ( $MgO, SiO_2$ ):

$$4) K_3 = \frac{Fe_2O_3 \times Al_2O_3}{MgO \times SiO_2}$$

Расчет этих технологических параметров ( $T_o; K_3$ ) позволяет определить технологические сорта руд, выполнить их геолого-технологическое картирование в пределах залежи никелевых руд и определить очередность отработки отдельных технологически однородных блоков (ТОБ) руд в режиме усреднения. Сначала отрабатываются блоки соответствующие техническим условиям технологического процесса. Во вторую очередь подлежат отработке в режиме усреднения блоки с приблизительно равными отклонениями от технических

условий. Руды в блоках с максимальными отклонениями от технических условий не включаются в обработку (резервируются).

## ЛЕКЦИЯ 11

### ОПРОБОВАНИЕ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Отбор проб на горных предприятиях проводится с целью получения количественной информации о качестве полезного ископаемого в пределах залежей. Основными задачами опробования при эксплуатации месторождений являются:

1) установление контуров тел полезных ископаемых, не имеющих видимых геологических границ;

2) определение средних содержаний полезных компонентов, мощности тел полезного ископаемого, необходимых для подсчета запасов минерального сырья;

3) выявление закономерностей пространственного размещения природных типов и промышленных сортов полезных ископаемых;

4) установление зависимостей между содержанием основных и попутных компонентов для подсчета запасов последних;

5) определение физико-механических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород;

6) оценка потерь и разубоживания полезных ископаемых при эксплуатации месторождения;

7) управление качеством добытых руд в режиме усреднения.

При разработке месторождений применяется 5 основных видов опробования: 1) химическое; 2) минералогическое; 3) техническое; 4) технологическое; 5) товарное.

Химическое опробование проводится для определения содержания основных и попутных полезных компонентов и вредных примесей в эксплуатационных выработках. Вредными примесями считаются такие компоненты, которые ухудшают потребительские свойства полученного из минерального сырья про-

дукта или усложняют технологию переработки полезных ископаемых. Например, сера в скарново-магнетитовых рудах является вредной примесью для производства стали. Для удаления серы применяют мокрую магнитную сепарацию медно-магнетитовых руд с последующей их флотацией. В результате этих процессов сера переходит в сульфидные продукты обогащения и в металлургический передел для получения чугуна и стали не попадает.

Минералогическое опробование предназначено для изучения минерального состава, текстуры и структуры полезных ископаемых и вмещающих пород, установления возможности комплексного использования минерального сырья. На стадии разработки месторождений минералогическое опробование широко применяется для оперативного контроля технологического процесса. Этот вид опробования является определяющим при эксплуатации россыпных месторождений. Минералогический анализ проб подразделяется на качественный и количественный. Качественные минералогические анализы отражают вещественный состав полезных ископаемых и их текстурно-структурные особенности. Количественные минералогические анализы используются при исследовании приполированных штуфов, аншлифов, шлифов, шлихов, протолок, контроле конечных и промежуточных продуктов обогащения и исходного сырья.

Техническое опробование применяется для определения физико-механических показателей, необходимых при подсчете запасов полезных ископаемых (объемной массы, пористости, влажности, гранулометрического состава). Для оценки качества строительных материалов, слюд, асбеста, оптического сырья устанавливают прочностные свойства, прозрачность, бездефектность кристаллов, длину волокна. Для обоснования применения геофизических методов оценки качества руд определяют их магнитную восприимчивость, плотность, удельное электрическое сопротивление, естественную и наведенную радиоактивность.

Технологическое опробование предназначено для разработки рациональных схем обогащения и переработки минерального сырья. При исследовании



технологических проб определяют показателями обогатимости руд: выход концентрата, извлечение металла в концентрат, содержание металла в руде, концентрате и хвостах обогащения. По данным изучения технологических проб, отобранных по определенной системе наблюдений, на стадии эксплуатации месторождений проводится геолого-технологическое картирование залежей полезных ископаемых, составление карт распространенности технологических типов и сортов полезных ископаемых, карт изменения показателей обогатимости руд.

Товарное опробование проводится для определения качества поступающей на переработку или временно складываемой товарной руды. К товарным пробам со стороны потребителей минерального сырья предъявляются высокие требования. Например, операции подготовки товарной пробы к химическому анализу (дробление, грохочение, перемешивание и сокращение) должны быть проведены с погрешностью, не превышающей допустимые нормативы.

Объектами опробования на горных предприятиях являются:

- 1) полезные ископаемые в забое уступов карьера и подземных горных выработках;
- 2) отбитая горная масса в карьерах, очистных блоках подземной разработки;
- 3) сырье и концентраты на обогатительной фабрике;
- 4) керн скважин колонкового бурения;
- 5) шлам буровзрывных скважин;
- б) товарная продукция на складах и в транспортных сосудах после загрузки.

Способы отбора проб полезных ископаемых и горных пород в коренном залегании (забоях, горных выработках, буровых скважинах), отбитых масс руды и породы, рудных потоков существенно различаются.

Опробование забоев горных выработок проводится бороздовым, шпуровым, штуфным, точечным, горстьевым, задирковым и валовым способами:

Бороздовый способ применяется для опробования забоя, стенок, реже кровли горных выработок для получения представительных проб для химического анализа с оконтуриванием отдельных промышленных сортов и типов полезных ископаемых. Шпуровой способ заключается в отборе бурового шлама при проходке шпуров обычными или колонковыми перфораторами для химического опробования руды в целике впереди забоя. Точечный способ опробования забоя применяется для получения представительной по содержанию и технологическим свойствам пробы без оконтуривания отдельных сортов полезных ископаемых. Этот способ используется для опробования мощных залежей, жил, штокверков. Горстьевой способ служит для опробования отбитых масс руды в забое. Штуфный способ заключается в отборе характерных кусков (штуфов) руды из забоя или отвала для ориентировочной характеристики качества полезных ископаемых. Забирковый способ применяется для опробования жильных месторождений редких и благородных металлов малой мощности (до 0,25 м). Валовой способ используется при отборе проб для технологических испытаний, контроля других способов отбора проб, опробования месторождений с крайне неравномерным распределением полезных компонентов (ртути, алмазов, изумрудов).

При опробовании скважин колонкового бурения в пробу идет либо весь керн при диаметре его менее 60 мм, или половина керна – при большем его диаметре. Для оценки качества полезных ископаемых на стадии эксплуатационной разведки широко применяются шламовые пробы. Они отбираются из бескерновых скважин, проходимых станками шарошечного или пневмоударного бурения.

Для отбора проб из добытых или перерабатываемых неподвижных масс полезных ископаемых, применяются следующие способы:

1) способ вычерпывания предназначен для опробования полезных ископаемых, находящихся в штабелях, отвалах, емкостях, заключается в отборе разовых проб со стенок лунок глубиной 0,2 – 0,4 м;

2) при опробовании отвалов сырья высотой более 1 м пробы отбираются из шурфов на всю высоту отвала;

3) опробование отвалов небольшой высоты (до 1 м) проводится отбором проб из канав, траншей, глубиной до 1 м;

4) для опробования мелкозернистых руд, концентратов, хвостов обогащения с крупностью частиц не более 3 мм на обогатительных фабриках разовые пробы отбираются щупом посредством его вдавливания;

5) при опробовании масс полезных ископаемых при перегрузке их циклично действующими механизмами (экскаваторы, грейферные краны, скипы, вагонетки) применяется фракционный или выборочный способ. Он заключается в отборе каждой пятой, десятой лопаты или ковша, скипа, вагонетки в пробу;

б) опробование жидких и весьма сыпучих твердых материалов проводится желонением. Открытие желонки производится на заданной для отбора пробы глубине.

Опробование потоков рудных масс и концентратов, находящихся в движении на обогатительных фабриках, осуществляется механическими пробоотборниками.

Равномерные потоки руды с малой степенью изменчивости опробуются способом продольных сечений секторным пробоотборником. Масса проб составляет от 1/8 до 1/2 массы опробуемого потока.

При возможности полного пересечения опробуемого рудного потока используется способ поперечных сечений при помощи ковшевого, ножевого или скреперного пробоотборников. Масса проб составляет от 0,001% до 5% от массы опробуемого потока. Также для опробования рудных потоков могут применяться комбинированные продольно-поперечный и поперечно-продольный способы отбора проб.

Пробоотборники устанавливаются на перепадах рудного потока с одного транспортного устройства на другое, либо с транспортного устройства в вагон, бункер, штабель.

## Лекция 12

### ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КОНДИЦИИ НА МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Эксплуатационные кондиции используются для обеспечения стабильной безубыточной работы горного предприятия и более полного рационального использования недр. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) эксплуатационных кондиций разрабатывается недропользователем на ограниченный срок, соответствующий периоду отработки части рудного тела и выемочных единиц (горизонта, блока, камеры, уступа). ТЭО эксплуатационных кондиций опирается на материалы, характеризующие конкретные особенности геологических, горнотехнических, технологических и экологических условий разработки месторождения. Параметры эксплуатационных кондиций могут быть дифференцированы по сравнению с разведочными кондициями с учетом уточненных в процессе доразведки и разработки месторождения данных о характере и условиях залегания полезного ископаемого. Они включают морфологию залежей, их выемочную мощность, углы падения рудных тел, крепость и устойчивость руд и пород, технологические свойства руд, гидрогеологические условия. Значения параметров эксплуатационных кондиций (бортового содержания, минимального промышленного содержания полезных компонентов) могут быть больше величины, установленной разведочными кондициями, при неблагоприятной конъюнктуре рынка или меньше при росте цен на минеральное сырье.

Основными параметрами эксплуатационных кондиций являются:

- 1) Предельно допустимое качество запасов на контуре выемочного участка;
- 2) Предельно допустимое качество запасов в целом по эксплуатационному блоку или его части;
- 3) Минимальная выемочная мощность тела полезного ископаемого;
- 4) Максимальная длина безрудного участка залежи, включаемая в выемочный контур;
- 5) Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых;
- 6) Предельный коэффициент вскрыши;

- 7) Максимальная глубина подсчета запасов;
- 8) Максимально допустимые водопритоки в подземные горные выработки;
- 9) Углы падения пласта (залежи)

Предельно допустимое качество запасов на контуре выемочного участка является аналогом бортового содержания. Расчет бортового содержания полезного компонента (Сб), если конечной продукцией служит товарный концентрат, выполняется по формуле:

$$1) Сб = \frac{(Зд + Зо) \times Ск}{Цк \times Ио \times (1 - Р)} \times 100\%,$$

где: Зд и Зо – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1т руды, руб.;

Ск – содержание полезного компонента в концентрате, %;

Цк – цена 1т товарного концентрата, руб.;

Ио – извлечение полезного компонента в концентрат при обогащении, доли единиц;

Р – разубоживание при добыче, доли единиц.

При этом в эксплуатационных затратах не учитываются погашение горно-капитальных работ, условно-постоянные затраты (зарплата управленческого персонала и постоянного штата рабочих), затраты на амортизацию и ремонт основных фондов.

При наличии на месторождении участков с прерывистым оруденением и тесной перемежаемости прослоев руд и пустых и слабооруденелых пород допускается применение бортового содержания полезного компонента не к отдельной пробе, а к интервалу эксплуатационной выработки, соответствующему высоте эксплуатационного уступа (подустапа). Применение такого бортового содержания целесообразно, в частности, для месторождений меди, молибдена штокверкового типа с относительно невысокими содержаниями полезных компонентов при небольших коэффициентах их вариации.

Предельно допустимое качество запасов в целом по эксплуатационному блоку или его части, которая может быть отдельно добыта, является аналогом

минимального промышленного содержания в блоке, рассчитываемого по предстоящим затратам. Оно соответствует «цеховому» содержанию полезного компонента, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение предстоящих эксплуатационных затрат и получение минимально необходимой прибыли горным предприятием.

По отработываемым открытым способом неглубокозалегающим месторождениям руд или россыпям, минимальное промышленное содержание полезного компонента ( $C_{мп}$ ) по оцениваемому блоку определяется с учетом коэффициента вскрыши по формуле:

$$2) C_{мп} = \frac{(Z_{нв} + K_{в} \times Z_{в}) \times 100}{C \times I \times (1 - P)},$$

где:  $Z_{нв}$  – затраты на добычу и переработку 1т руды или 1м<sup>3</sup> при нулевой вскрыше, руб.;

$K_{в}$  – коэффициент вскрыши по оцениваемому блоку, т/т, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>/т;

$Z_{в}$  – затраты на выемку 1т или 1м<sup>3</sup> вскрышных пород, руб.;

$C$  – оптовая цена товарной продукции, получаемой при переработке руд или песков, руб.;

$P$  – разубоживание при добыче, доли единицы;

$I$  – сквозное извлечение полезного компонента из минерального сырья в товарную продукцию, доли единицы.

Расчет минимального промышленного содержания полезного компонента ( $C_{мп}$ ) в руде в коммерческом варианте (с учетом налогов) оценки месторождений осуществляется по формуле:

$$3) C_{мп} = \frac{C_{д} + C_{о} + N}{C_{к} \times E_{о} \times (1 - P)} \times 100\%,$$

где:  $C_{д}$  – себестоимость добычи 1 т руды с учетом налогов, входящих в структуру эксплуатационных затрат, руб.;

$C_{о}$  – себестоимость обогащения 1т руды, включая общекомбинатские и коммерческие расходы, руб.;

$N$  – налоги на прибыль, имущество на одну тонну добытой руды, руб.;

Цк – цена 1 тонны металла в концентрате, руб.;

$E_0$  – извлечение металла в концентрат при обогащении, доли ед.;

Р – разубоживание руды при добыче, доли ед.

Минимальные запасы изолированных тел (участков) полезных ископаемых определяются на месторождениях, подлежащих подземной разработке, если они находятся на значительном расстоянии от основных рудных тел и требуют проходки дополнительных вскрывающих выработок. При определении целесообразности промышленного освоения (безубыточной добычи) изолированных рудных тел применяется формула:

$$4) Q_{min} = \frac{З_{доп} \times (1-p)}{(Ц_{и}-З_{п}) \times (1-n)},$$

где:  $Q_{min}$  - минимальные геологические запасы рудного тела при заданных расстояниях от основных рудных тел и содержаниях полезных компонентов в рудах, т;

$З_{доп}$  – дополнительные затраты, связанные с вскрытием и обработкой рудного тела, руб.;

$Ц_{и}$  – извлекаемая ценность всех полезных компонентов в расчете на 1т руды оцениваемого изолированного рудного тела без учета  $З_{доп}$ , руб.;

n и p – эксплуатационные потери и разубоживание руды, доли ед.

Варианты расстояний от изолированных рудных тел до основных вскрывающих выработок определяются с учетом фактических содержаний полезных компонентов в залежи.

Коэффициент вскрыши является главным критерием применимости открытого способа добычи минерального сырья. Он характеризует долю горной массы, приходящейся на единицу полезного ископаемого. Предельный коэффициент вскрыши ( $K'_g$ ) как кондиционный показатель рассчитывается исходя из того, что себестоимость добычи 1т сырья открытым способом не должна быть выше таковой при подземной разработке месторождения. Для месторождений широко распространенных полезных ископаемых (железа, мрамора) значения коэффициента вскрыши устанавливаются обычно не выше 2, для менее

распространенных видов сырья (золота, алмазов) его значение может возрастать до 10 и более. Для определения способа разработки месторождения рассчитываются фактический ( $K_{\text{г}}^{\text{ф}}$ ) и предельный ( $K_{\text{г}}^{\text{н}}$ ) коэффициенты вскрыши по формулам:

$$5) K_{\text{г}}^{\text{ф}} = \frac{V_{\text{к}} - V_{\text{р}}}{V_{\text{р}}} = \frac{V_{\text{г}}}{V_{\text{р}}};$$

$$6) K_{\text{г}}^{\text{н}} = \frac{C_{\text{н}} - C_{\text{о}}}{C_{\text{г}}};$$

где:  $V_{\text{к}}$  – объем карьера, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{р}}$  – объем руды, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{г}}$  – объем вскрышных пород, м<sup>3</sup>;

$C_{\text{н}}$ ,  $C_{\text{о}}$  – себестоимость добычи 1т руды при подземном и открытом способах разработки, руб.;

$C_{\text{г}}$  – себестоимость выемки 1т вскрышных пород, руб.

При  $K_{\text{г}}^{\text{ф}} < K_{\text{г}}^{\text{н}}$  месторождение отрабатывается открытым способом (карьером), при  $K_{\text{г}}^{\text{ф}} > K_{\text{г}}^{\text{н}}$  – подземным способом, при  $K_{\text{г}}^{\text{ф}} = K_{\text{г}}^{\text{н}}$  – комбинированным способом.

Максимальная глубина подсчета запасов для условий подземной разработки месторождения определяется на основе прямых технико-экономических расчетов с учетом стоимости полезного ископаемого и издержек производства при условиях безубыточной добычи запасов минерального сырья, приращиваемых на глубоких горизонтах.

Максимально допустимые водопритоки в подземные горные выработки, ограничивающие возможность отнесения запасов полезных ископаемых в группу балансовых, устанавливаются для месторождений со сложными гидро-геологическими условиями (минеральных солей, бокситов, медно-никелевых руд).

В условиях разработки месторождений предлагается применение динамических (дифференциальных) эксплуатационных кондиций в связи с нестабильностью цен на товарную продукцию и себестоимости добычи и переработки



руд. Расчет динамических кондиций на стадии эксплуатации месторождений предусматривает их определение с учетом степени подготовленности запасов: вскрытие, подготовленные, готовые к выемке. Динамические эксплуатационные кондиции целесообразно использовать при разработке месторождений с постепенным переходом от рудных залежей к вмещающим породам (штокверки, минерализованные зоны, месторождения коры выветривания). Последовательное определение динамических кондиций на разных стадиях освоения месторождения предполагает исключение из расчета уже произведенных затрат и вовлечение в отработку все более бедных руд, обеспечивающее более полное использование запасов месторождения.

### Лекция 13

#### ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При открытой разработке месторождений карьерами основными элементами отработки являются горизонт, уступ, блок, заходка. Подсчет запасов полезных компонентов по уступу карьера проводится способом горизонтальных сечений в объеме, заключенном между верхним и нижним горизонтами на высоту чистого пространства. Подсчет запасов руды и металла по уступу карьера, подготовленному к очистной выемке, выполняется в определенной последовательности:

- 1) На планах горизонтов проводится выделение и оконтуривание промышленных типов и сортов руд в соответствии с параметрами кондиций (бортовым содержанием, минимальным промышленным содержанием полезного компонента);
- 2) Определяются величины рудных площадей на верхних и нижних горизонтах уступа с учетом типов и сортов руд;
- 3) Вычисляются средние содержания полезного компонента по разведочным скважинам и подсчетному блоку в пределах уступа карьера;
- 4) Рассчитывается объем блока ( $V$ ) по формулам призмы:

$$1) V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times h \text{ при } S_1 - S_2 \leq 40\%$$

или усеченной пирамиды:

$$2) V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2}}{3} \times h \text{ при } S_1 - S_2 > 40\%$$

где:  $S_1$  и  $S_2$  - площадь верхних и нижних горизонтов, м<sup>2</sup>;

$h$  - высота уступа, м.

5) В пределах горизонтов уступа выделяются участки некондиционных руд, предусмотренные к отдельной выемке;

б) Определяют запасы руды (Q) и металла (P) в подсчетном блоке в пределах уступа карьера по формулам:

$$3) Q = V \times d,$$

$$4) P = \frac{Q \times \bar{C}}{100},$$

где:  $V$  – объем блока, м<sup>3</sup>;

$d$  – объемная масса руды, т/м<sup>3</sup>;

$\bar{C}$  - среднее содержание полезного компонента в блоке, %.

Уступ карьера отрабатывается последовательно с разделением его на очистные блоки. Оценка средних значений мощности и содержаний полезных компонентов при пересчете запасов сырья в очистных блоках проводится с учетом данных опробования всех дополнительных разведочных выработок – скважин эксплуатационной разведки и буровзрывных скважин.

При подземной разработке месторождений подсчет запасов полезных ископаемых выполняется способами эксплуатационных блоков, вертикальных или горизонтальных параллельных сечений.

Способ эксплуатационных блоков применяется для подсчета запасов маломощных жильных или пластовых месторождений. Блоками являются части рудного тела, оконтуренные и опробованные с четырех сторон: сверху и снизу штреками или штольнями, а по бокам – восстающими. Рудные тела вскрываются горными выработками на всю мощность по простиранию и восстанию. Последовательность подсчета запасов в эксплуатационном блоке следующая: 1) расчет средних значений мощности и содержания полезного компонента по каждой выработке; 2) определение средней мощности и среднего содержания по

лезного компонента по блоку; 3) измерение или расчет площади блока на вертикальной или горизонтальной проекциях с поправкой на угол падения рудного тела, или определение истинной площади в плоскости падения рудного тела; 4) расчет объема блока, определение запасов руды и металла в блоке. Способ эксплуатационных блоков позволяет оперативно пересчитывать запасы по элементам блока. Например, данные по горизонтам распространяются на высоту потолочин, а по восстающим – на межкамерные целики. По мере развития горноподготовительных работ запасы по элементам эксплуатационного блока регулярно пересчитываются.

#### ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для подсчета запасов полезных компонентов при проведении разведки и разработки месторождений с использованием персональных компьютеров создаются банки геологоразведочных данных. Среди них различают банки первичных, промежуточных и итоговых данных.

К банкам первичных данных относятся результаты анализа рядовых, групповых, минералогических проб, испытаний технических и технологических проб, координаты местоположения разведочных выработок, данные искривления скважин, маркшейдерских измерений.

Банки промежуточных данных включают интервалы рудных пересечений, выделенные согласно кондициям, состав руды в них, координаты начала и конца каждого интервала, результаты промежуточных вычислений площади и объемов блоков.

Банки итоговых данных содержат сведения о запасах и качестве руды в подсчетных блоках, а также по участкам, рудным телам и по месторождению в целом с разделением по категориям запасов и сортам полезного ископаемого.

В настоящий период компьютерные технологии используются при подсчете запасов как традиционными методами (геологических и эксплуатационных блоков, параллельных сечений), так и геостатистическими методами. Подсчет запасов полезных компонентов традиционными методами выполняется при

полной или частичной автоматизации вычислительных работ. Полная автоматизация включает выделение рудных пересечений согласно кондициям, оконтуривания рудных тел и подсчетных блоков, а также подсчет запасов руд и полезных компонентов.

При частичной автоматизации оконтуривание рудных тел и подсчетных блоков проводят вручную, а ввод координат точек контура или площади блоков для подсчета запасов руды и полезных компонентов выполняется на ПЭВМ.

Геостатистические методы подсчета запасов минерального сырья заключается в разделении рудного тела на множество ячеек (кластеров, блоков). При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи. Минимальный размер элементарного подсчетного блока должен быть не менее  $\frac{1}{4}$  средней плотности разведочной сети. Считается, что геостатистический способ подсчета запасов позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел со сложной морфологией и внутренним строением и более точно определить среднее содержание полезного компонента в блоках и залежах на месторождениях 3 и 4 групп сложности.

Для создания моделей месторождений и подсчета запасов минерального сырья имеется ряд компьютерных систем и программ, в которых ГКЗ РФ рекомендует обрабатывать геологоразведочные данные для подготовки проектов горных предприятий, представляемых на экспертизу. К ним относятся компьютерные программы «Datamine» (Великобритания), «Micromine» и «Vulcan» (Австралия), «Techbase» (США), «Итегра» (Россия). Среди них наиболее часто используемым является пакет Micromine. Основными методами подсчета запасов минерального сырья в компьютерной системе «Micromine» являются следующие:

- 1) Полигональный метод;
- 2) Метод обратных расстояний (JDW);
- 3) Обычный (ординарный) кригинг (О.К);

4) Многоиндикаторный кригинг (МИК);

5) Условная симуляция.

Полигональный метод может применяться как при регулярной, так и нерегулярной сети опробования. В этом методе содержание полезного компонента в точке, где опробование не проводилось, принимается равным значению содержания в ближайшей пробе. Коэффициент взвешивания для этой пробы равен 1, для других проб – 0. Полигональный метод хорошо подходит для оценки маломощных жильных рудных тел. Их оценка сводится к простой процедуре взвешивания содержания полезного компонента на мощность рудного тела.

Метод интерполяции обратно пропорционально степени расстояния показывает очень хорошие результаты при равномерной разведочной сети. В этом методе учитываются расстояния ячейки от близлежащих разведочных выработок. Чем дальше находится разведочная выработка от ячейки, тем слабее ее влияние. Метод обратных расстояний учитывает анизотропию распределения интерполируемого компонента. Он наиболее подходит для месторождений, где наблюдается четкий структурный контроль оруденения.

Обычный кригинг обеспечивает минимальную дисперсию отклонений прогнозных значений параметров от фактических. В этом методе значения параметра в ячейке зависят от значений его в ближайших разведочных выработках и от их взаимного расположения. Обычный кригинг применяется для подсчета запасов на месторождениях, где наблюдается четкая закономерность в распределении содержаний ПК в трехмерном пространстве (вариография) (месторождения вкрапленных руд, кор выветривания, меднопорфировых руд).

Многоиндикаторный кригинг включает расчет и моделирование вариограмм при серии бортовых содержаний ПК. Он применяется на метасоматических месторождениях в пределах которых контуры рудных тел устанавливаются по данным опробования.

Условная симуляция является специфическим методом, в котором определяется вероятностное значение содержания ПК в каждой отдельно взятой

точке путем комбинации симулированных моделей. Эти модели имитируют реальные закономерности распределения содержаний ПК в рудном теле.

## ЛЕКЦИЯ 14

### ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Показатели экономической эффективности освоения эксплуатируемых месторождений при укрупненных расчетах определяются по формулам:

1) Чистая дисконтированная прибыль (ЧДП)

$$ЧДП = \frac{(\Pi'_c - K_z) \cdot [(1 + E)^{T_3} - 1]}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} - K_\phi,$$

где:  $\Pi'_c$  - чистая годовая прибыль с амортизационными отчислениями;  $K_z$  - среднегодовые капитальные вложения в эксплуатацию месторождения, руб;  $T_3$  - срок эксплуатации месторождения, лет;  $E$  - норма дисконтирования прибыли;  $K_\phi$  - стоимость основных фондов предприятия на момент оценки месторождения,

$$2) K_\phi = K_o - K_n + ОБ,$$

где  $K_o$  - общие капиталовложения в освоение месторождения, руб;  $K_n$  - предстоящие инвестиции, необходимые для полной отработки промышленных запасов месторождения, руб;  $ОБ$  - оборотные средства, руб.

3) Индекс прибыльности (ИП)

$$ИП = \frac{\left( \Pi'_c \cdot \frac{(1 + E)^{T_3} - 1}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} \right)}{\left( K_\phi + K_z \cdot \frac{(1 + E)^{T_3} - 1}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} \right)}$$

4) Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_o = \frac{\log \left( \frac{\Pi'_c - K_z}{\Pi'_c - K_z - E \cdot K_\phi} \right)}{\log(1 + E)}$$

Внутренняя норма прибыли ( $ВНП = E_{ВН}$ ) устанавливается по графику изменения величины  $ЧДП$  для нескольких значений ставки дисконтирования ( $E$ ).

Экономическая эффективность освоения эксплуатируемых месторождений оценивается на основе рассмотренных показателей с учетом социальных и экологических факторов. Освоение месторождения будет эффективным, если  $ЧДП > 0$ ,  $ИП > 1$ ,  $T_o < 10$  лет,  $ВНП > E$ .

Приведенные показатели экономической эффективности освоения месторождений рассчитывались в условиях стандартного налогообложения. Альтернативным вариантом является оценка эффективности освоения месторождений на основе соглашения о разделе продукции (СРП) между инвестором и государством. Закон о СРП представляет субъекту предпринимательской деятельности на возмездной основе и на определенный срок исключительные права на поиски, разведку, добычу минерального сырья на участке недр, указанном в соглашении.

Соглашение о разделе продукции устанавливает систему платежей, включающую несколько составляющих: 1) доля в прибыльной продукции; 2) роялти, 3) бонусы, 4) рентайс. В соглашении определяются пропорции, по которым прибыль от разработки месторождения делится между государством и инвестором. Роялти представляют собой регулярные платежи за добычу полезных ископаемых. Бонусы включают разовые платежи, уплачиваемые при заключении соглашения о разделе продукции. Рентайс взимаются в форме ежегодных платежей за проведение поисковых и разведочных работ. В течении всего срока действия соглашения о разделе продукции инвестор осуществляет выплату следующих налогов: 1) налог на добычу полезных ископаемых (с коэффициентом 0,5); 2) налог на прибыль; 3) платежи по социальному и медицинскому страхованию своих работников; 4) платежи в государственный фонд занятости населения Российской Федерации; 5) платежи в пенсионный фонд Российской Федерации. Снижение налогового бремени при реализации горных проектов на основе соглашения о разделе продукции позволяет инвесторам уменьшить сроки окупаемости капиталовложений ( $T_o$ ) и получения чистой прибыли. Это приводит к улучшению экономических условий разработки месторождений.

Инвестиционные проекты, составленные на условиях соглашения о разделе продукции по месторождениям углеводородов: Сахалин-1, Сахалин-2, Харьягинское, Самотлорское. По рудным месторождениям в перечень для разработки на условиях соглашения о разделе продукции включены Яковлевское месторождение железа в Белгородской области, Куранахская группа месторождений Au в республике Саха (Якутия), Тасеевское месторождение золота в Читинской области.

Важными показателями при проведении оценочных расчетов является критический объем производства товарной продукции ( $Q_{км}$ ) или добычи минерального сырья ( $Q_{кс}$ ), обеспечивающие безубыточную деятельность предприятия. Критический объем (точка безубыточности) означает объем реализации товарной продукции, при котором выручка от ее реализации покрывается расходами на создание продукции без получения прибыли. Он определяется по формуле:

$$5) Q_{км} = \frac{3_c}{Ц - 3_v}$$

где:  $Q_{км}$  - критический объем реализации товарной продукции, т/год;  $3_c$  - постоянные затраты на весь объем, р;  $3_v$  - переменные затраты на единицу реализации продукции, р/т;  $Ц$  - цена единицы товарной продукции, р/т.

Критический объем добычи минерального сырья ( $Q_{кс}$ ) при выпуске одного вида товарной продукции определяется из выражения:

$$6) Q_{кс} = \frac{Q_{км}}{j}$$

где:  $j$  - выход товарной продукции с 1 т сырья, доли ед.

Уменьшение постоянных (или переменных) расходов ведет к снижению точки безубыточности и улучшению финансового состояния горного предприятия, где большое влияние на изменение критического объема добычи сырья ( $\Delta Q_{кс}$ ) оказывает цена товарного продукта:

$$7) \Delta Q_{кс} = \frac{3_c \times (Ц_{сф} - Ц_{сп})}{(Ц_{сф} - 3_v) \times (Ц_{сп} - 3_v)}$$



где:  $C_{cn}, C_{cf}$  - соответственно прогнозная и фактическая цены товарного продукта, р/т.

Экономическая оценка месторождений предполагает наряду с расчетом основных показателей эффективности и определением точки безубыточности установление степени риска (устойчивости) инвестиционных горных проектов.

Риск инвестиций означает вероятность невозвращения инвестиционных средств при осуществлении проекта. Альтернативной вероятностью того, что данный проект обеспечит возврат сделанных инвестиций, является устойчивость проекта. Факторы риска делятся на внутренние, в определенной степени поддающиеся контролю, и внешние, на которые инвестор не может повлиять. К внутренним факторам риска в горной промышленности, относятся: 1) точность и достоверность оценок запасов и средних содержаний полезных компонентов в недрах и добытом сырье; 2) правильность оценок условий добычи и переработки минерального сырья; 3) достоверность определения расчетных экономических показателей.

Внешние факторы риска включают:

1) политические (внутриполитическая и внешнеполитическая напряженность);

2) финансово-экономические (экономический спад, высокий уровень инфляции, рост цен на энергетические ресурсы, увеличение транспортных тарифов);

3) законодательные (ужесточение налогового законодательства, повышение таможенных сборов);

4) чрезвычайные ситуации (стихийные бедствия и т.п.), неблагоприятные для реализации инвестиционных проектов.

Критериями риска проекта являются оценки вероятности событий:

$$ЧДП > 0, ИП > 1, ВНП > E.$$

По уровню риска инвестиций в добычу полезных ископаемых выделяют четыре области риска:

- 1) минимального риска (уровень риска 10-25%);
- 2) среднего риска (уровень риска 25-50%);
- 3) повышенного риска (уровень риска 50-60%);
- 4) особого риска (уровень риска 60-75%).

Дифференциация предприятий – недропользователей по областям риска проводится по следующим критериям: 1) морфология тел полезных ископаемых; 2) виды полезных ископаемых, определяющие их ценность; 3) способ добычи (открытый, подземный, скважинный); 4) географо-экономические условия разработки.

На основе экспертных оценок горных предприятий России по двум критериям (вид полезного ископаемого и способ добычи) в область минимального риска отнесены нефтегазодобывающие компании, в область среднего риска – предприятия, осуществляющие добычу сырья открытым способом (кроме угольных) и предприятия по добыче благородных, цветных металлов и драгоценных камней подземным способом, в область повышенного риска - угледобывающие разрезы, в область особого риска – угольные шахты.

## **ЛЕКЦИЯ 15**

### **ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Техногенные месторождения – это скопление минеральных веществ, образовавшихся в результате складирования отходов добычи полезных ископаемых, обогатительного, металлургического и других производств, качество и количество которых позволяет осуществлять их добычу и переработку на рациональной экономической основе.

Состав и строение техногенных месторождений зависит от геолого-промышленного типа исходного природного месторождения, способа добычи и технологической схемы переработки минерального сырья, условий складирования и сроков хранения отходов.

В соответствии с этим они подразделяются на:

- 1) сырье, образовавшееся в результате разработки полезных ископаемых (отвалы забалансовых руд, вскрышных и вмещающих пород);
- 2) отходы, сформировавшиеся в процессе переработки минерального сырья (шламо- и хвостохранилища, отходы металлургического, химического и других производств).

Изучение техногенных месторождений на стадиях разведочных работ, эксплуатационной разведки сопровождается их комплексной геолого-экономической оценкой. Она включает оценку геологических и горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств техногенного сырья, расчет технико-экономических показателей оценки месторождений с учетом социальных и экологических последствий их разработки.

Техногенные месторождения для целей разведки делятся на две группы, различающиеся по морфологии, внутреннему строению и гранулометрическому составу.

В первую группу входят отвалы, сложенные отходами добычи полезных ископаемых, энергетического (золоотвалы) и металлургического (шлаки, кеки) переделов. По форме они представлены плоскими, пластообразными и террасированными, коническими и гребневидными образованиями, сложенными разнотернистым материалом с размером кусков от мм до десятков сантиметров.

Ко второй группе относятся шламохранилища и хвостохранилища, имеющие плоскую поверхность, с нижней границей, определяемой рельефом местности, в которой они размещаются. Материал хвостохранилищ мелкозернистый или тонкодисперсный.

Запасы техногенного сырья делятся на предварительно оцененные и разведанные в зависимости от степени изученности качественных свойств, определяющих внутреннее строение месторождений. Для определения качества вторичного сырья последуют его минеральный и химический состав, содержание полезных компонентов и вредных примесей и характер их пространственного распределения в пределах техногенных залежей. При опробовании шлакоотва-

лов изучают текстурные особенности шлаков, которые по физическому состоянию делятся на гранулированные и литые.

Гранулированные шлаки представляют собой мелкозернистый (2-5мм) сыпучий материал. В литых шлаках устанавливают размеры и характер строения зерен и агрегатов соединений, содержащих полезные компоненты, а также их физико-механические свойства (плотность, истираемость, кислотостойкость, водопоглощаемость, вязкость). Для изучения качества техногенного сырья, предназначенного для использования в стройиндустрии, проводят техническое опробование для определения насыпной и минералогической плотности, гранулярного состава, влажности, прочности, упругости.

По инженерно-гидрогеологическим условиям техногенные месторождения делятся на сухие (маловлажные), влажные и обводненные. К маловлажным относятся отвалы вскрышных и вмещающих пород, специальные отвалы некондиционных руд, осушенные шламо-, шлако- и хвостохранилища. Влажные и обводненные техногенные месторождения включают частично осушенные действующие хвостохранилища, а также законсервированные хвостохранилища, на 40% и более покрытые водой. В процессе инженерно-гидрогеологических исследований техногенных образований, обрабатываемых открытым способом (карьером) изучается степень обводненности месторождения поверхностными и подземными водами, устанавливается положение уровня грунтовых вод, рассчитываются возможные водопритоки в эксплуатационные выработки, определяются физико-механические свойства мерзлых и талых пород, оценивается возможность возникновения оползней.

Если техногенная залежь обрабатывается с применением геотехнологических методов (кучного химического и бактериального выщелачивания), изучаются основные физико-химические параметры сырья (пористость, коэффициент фильтрации, водоотдача), определяющие условия эксплуатации.

Оценка технологических свойств техногенных образований в связи с более низким содержанием в них полезных компонентов в сравнении с природными

месторождениями является главной задачей их изучения. Из техногенного сырья сначала отбираются минералого-технологические пробы, в которых определяют содержание ценных компонентов и вредных примесей, гранулометрический состав, физико-механические свойства. Затем производится отбор малообъемных технологических проб массой от нескольких кг до 50кг, характеризующих отдельные типы и сорта техногенного сырья по разведочным пересечениям. По выделенным технологическим типам и сортам в процессе разведки отбираются лабораторные и укрупнено-лабораторные пробы массой от 0,1 до первых тонн для выбора рациональной схемы переработки сырья, изучения распределения основных и попутных компонентов по продуктам обогащения. Завершается оценка технологических свойств сырья отбором полупромышленных проб массой от нескольких тонн до нескольких сотен тонн для уточнения схем и показателей переработки отвалов.

При проведении технологических испытаний также оценивается возможность предварительного обогащения техногенного сырья (радиометрического, в тяжелых суспензиях, отсадкой). Масса технологических проб, отбираемых для испытаний обогатимости радиометрическими методами, должна быть не менее 2-3 тонн.

Переработка техногенного сырья обычно проводится на действующих горных предприятиях. Важным горно-технологическим показателем оценки техногенного месторождения является годовая производственная мощность рудника по переработке отходов ( $A_T$ ), определяемых по формуле:

$$1) A_T = Q_T / j_T,$$

где:  $Q_T$  - свободная мощность на обогатительной фабрике (металлургическом заводе) по товарной продукции, т/год;

$j_T$  - выход товарной продукции, получаемой из 1т добытого сырья, доли ед.

Он устанавливается по формуле:

$$2) j_T = \frac{C_c \times K_i}{C_T},$$

где:  $C_c, C_T$  - содержание полезного компонента в добытом сырье и товарной продукции, %;

$K_{и}$  – коэффициент извлечения полезного компонента в товарную продукцию, доли ед.

Если при освоении техногенного месторождения попутно используются нерудные составляющие для производства стройматериалов, выход строительной продукции определяется отношением ее объема к величине объема переработанных отходов.

Экономическая оценка эффективности освоения техногенных месторождений, как и при оценке первичных природных месторождений, включает определение следующих показателей:

- 1) Общая величина инвестиций;
- 2) Эксплуатационные затраты;
- 3) Годовая прибыль от реализации товарной продукции;
- 4) Чистая дисконтированная прибыль;
- 5) Индекс прибыльности;
- 6) Срок окупаемости инвестиций;
- 7) Внутренняя норма прибыли.

Народнохозяйственный эффект ( $\mathcal{E}_{нх}$ ) от освоения техногенного месторождения рассчитывается по формуле:

$$3) \mathcal{E}_{нх} = \mathcal{E}_{ком} + \mathcal{E}_{эк} + \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{соп}$$

где:  $\mathcal{E}_{ком}$  – коммерческий эффект, равный чистой дисконтированной прибыли (ЧДП) за весь срок разработки месторождения;

$\mathcal{E}_{эк}, \mathcal{E}_c$  – экономический и социальный эффекты;

$\mathcal{E}_{соп}$  – сопряженный эффект от эксплуатации техногенного месторождения, возникающий в геологоразведочной отрасли ( $\mathcal{E}_{гр}$ ) и строительстве ( $\mathcal{E}_{ст}$ ).

Экологический эффект от разработки техногенного месторождения возникает вследствие уменьшения вредного воздействия на окружающую среду. При

освоении техногенного месторождения образуется также социальный эффект вследствие увеличения занятости населения, создания новых рабочих мест.

Эффект в геологоразведке возникает вследствие экономии затрат, которые пришлось бы осуществлять на поиски и разведку запасов полезных ископаемых взамен обрабатываемых техногенных ресурсов.

Эффект в строительстве образуется вследствие экономии инвестиций, обусловленной размещением техногенного сырья на поверхности и резким сокращением объемов строительных (горно-капитальных) работ.

## ЛЕКЦИЯ 16

### СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Основным **критерием** достоверности разведанных запасов ПИ является степень их подтверждения в процессе эксплуатации месторождения. Сопоставление данных разведки и разработки и анализ причин их расхождения производятся совместно организациями, разведывавшей и разрабатывающей месторождение. При этом горное предприятие, разрабатывающее месторождение обязано подготовить все необходимые материалы геолого-маркшейдерского обслуживания, полученные в процессе эксплуатации и проанализировать их совместно с геологоразведочной организацией. Сопоставление данных разведки и эксплуатации должно осуществляться по всем участкам с погашенными, подготовленными и готовыми к отработке запасами, а также по площадям, где проведено или намечается списание запасов в связи с их неподтверждением или по технико-экономическим причинам.

Сопоставление данных разведки и разработки производится:

- 1) по телам полезного ископаемого в контурах запасов подсчетных блоков, ранее утвержденных ГКЗ (ТКЗ);
- 2) по этим же телам, но с учетом запасов, дополнительно выявленных при эксплуатационной разведке и разработке месторождения за контурами

подсчетных блоков ранее утвержденных запасов, на сопряженных площадях;

- 3) с учетом новых тел полезного ископаемого, выявленных при разработке или доразведке месторождения в пределах ранее известных рудовмещающих зон.

Сопоставление данных разведки и эксплуатации проводится отдельно по подсчетным блокам и телам полезного ископаемого, разрабатываемых различными способами (открытым, подземным, комбинированным), а также отдельно по участкам, разведанным с помощью различных технических средств (буровыми скважинами, горными выработками, сочетанием скважин и горных выработок, геофизическими методами).

При этом проводится сравнение:

- 1) представлений об особенностях геологического строения месторождения, полученных на стадиях его разведки и эксплуатационной разведки;
- 2) подсчетных параметров (мощности, площади тел, содержания полезных компонентов, объемной массы руды), установленных по данным разведки и разработки;
- 3) запасов руды и металлов, разведанных и выявленных при эксплуатации месторождения;
- 4) природных разновидностей, технологических типов и сортов руд;
- 5) гидрогеологических и горнотехнических условий разработки месторождения.

Данные разведки и разработки (геологические и гидрогеологические особенности месторождения, мощности, площади и запасы рудных тел, средние содержания полезных компонентов, объемная масса руд) сравниваются в одних и тех же границах сопоставления.

При характеристике особенностей геологического строения месторождения, положенных в основу подсчета запасов и полученных при эксплуатационной разведке, сопоставляются условия залегания и характер выклинивания



рудных тел, их морфологические типы, размеры рудных залежей по простиранию, падению и мощности, степень сложности формы залежей по величине контурного модуля, изменчивость параметров рудных тел (мощности, содержания полезного компонента). По данным разведки и разработки месторождения определяются степень пространственного совпадения рудных тел и ошибки геометризации. Сравнение представлений об особенностях геологического строения месторождения проводится с использованием специальных графических материалов. К ним относятся планы основных горизонтов или уступов; планы подэтажей в контурах участка сопоставления; разрезы, отстраиваемые в опорных маркшейдерских осях, совпадающих с подсчетными разрезами по данным разведки месторождения.

Для надежной статистической обработки информации в пределах подсчетных блоков выделяются элементарные блоки сопоставления. Под элементарным блоком понимается часть подсчетного блока, установленного разведкой в границах эксплуатационного этажа или уступа, однородного по геологическому строению и имеющего соответствующую категоризацию запасов.

Площади блоков определяют путем непосредственных замеров на вертикальных проекциях или параллельных разрезах в зависимости от способа подсчета запасов. В контуре каждого элементарного блока определяются средние значения мощности рудных тел и запасы руды. Среднее содержание металла в элементарном блоке определяется как средневзвешенное на мощность единичных разведочных пересечений.

Подсчет запасов руды по данным разработки проводится по элементарным или эксплуатационным блокам, а также по сумме данных эксплуатационной разведки, опробования горноподготовительных, нарезных и очистных выработок в границах участка сопоставления.

При сравнении за 100% принимаются разведочные данные утвержденного ГКЗ (ТКЗ) подсчета запасов. Величина расхождения (Р) между запасами, под-

считанными по данным разведки ( $Q_p$ ) и установленными по данным разработки месторождения ( $Q_э$ ) определяется по формуле:

$$1) P = \frac{Q_э - Q_p}{Q_p} \times 100\%$$

Аналогично определяются расхождения в значениях других подсчетных параметров: мощности ( $M$ ), площади ( $S$ ), среднего содержания ( $\bar{C}$ ), коэффициента рудоносности ( $K_p$ ), объемной массы ( $d$ ), выхода товарной продукции (общего и по сортам).

В результате сравнения значений подсчетных параметров и запасов рудных залежей устанавливаются итоговые расхождения по отдельным блокам, рудным телам и участку сопоставления. Выявленные расхождения в подсчетных параметрах и запасах руды и металла должны быть тщательно проанализированы, определены величины случайных и систематических погрешностей определения запасов, подсчетных параметров и качества руд.

Средняя случайная (среднеквадратическая) погрешность вычисляется по формуле:

$$2) \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (di - \bar{d})^2}{n}},$$

где:  $di$  - расхождение в запасах (подсчетных параметрах, качестве руд) в блоке по данным разведки и разработки;

$\bar{d}$  - средняя абсолютная систематическая погрешность определения запасов, подсчетных параметров и качестве руд. Она определяется по формуле:

$$3) \bar{d} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n di}{n}},$$

где:  $n$  - число определений параметра.

Средняя относительная систематическая погрешность рассчитывается по формуле:

$$4) \bar{d}_r = \frac{\bar{d} \times 100}{\bar{C}_0},$$

где:  $\bar{C}_0$  - средняя по выработке величина запасов (параметра рудной залежи, качества руд), оцененная по данным разведочных работ.

Значимость систематической погрешности оценивается по критерию Стьюдента. При выявлении значимых систематических расхождений между данными разведки и разработки месторождения, выясняются причины этих расхождений. Возможными причинами расхождений в запасах, подсчетных параметрах и качестве руд могут быть как погрешности разведки, так и разработки месторождений.

К основным недостаткам разведки месторождений, обусловившим значительные расхождения, относятся:

- 1) Неправильное понимание геологических особенностей месторождения;
- 2) Недостаточная плотность разведочной сети;
- 3) Отсутствие или малый объем подземных горных выработок (штреков, восстающих);
- 4) Низкая достоверность данных бурения;
- 5) Наличие избирательного выкрашивания или истирания полезных минералов (молибденит, графит) при опробовании рудных тел.

Причинами возникновения погрешностей определения запасов, подсчетных параметров и качества руд по данным разработки являются:

- 1) Недостаточная плотность сети эксплуатационной разведки;
- 2) Выборочная отработка богатых руд;
- 3) Неполное пересечение рудных тел разведочными и нарезными выработками;
- 4) Необоснованный перевод отдельных участков балансовых руд в забалансовые;
- 5) Невысокое качество опробования в процессе эксплуатационной разведки;
- 6) Разведка и отработка рудных тел при разных параметрах кондиций.

Для оценки подтверждаемости представлений о технологических свойствах полезного ископаемого сравниваются технологические показатели, принятые при утверждении запасов, с установленными при разработке месторож-

дения. К ним относятся промышленные типы и сорта руд, их пространственное распределение, показатели, определяющие технологические свойства руд (минеральный состав рудных включений, содержание полезных компонентов и вредных примесей), показатели обогащения и переработки минерального сырья, качество получаемой продукции.

При сопоставлении гидрогеологических и горнотехнических условий месторождения при его разведке и разработке сравниваются данные о водопритоках в горные выработки, составе и свойствах шахтных и карьерных вод, физико-механических свойствах полезных ископаемых и вмещающих пород, степени их трещиноватости, о развитии разрывных нарушений, закарстованности, участков многолетнемерзлых пород, о природной газоносности отложений.

## **Лекция 17**

### **ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Основными задачами геофизических исследований при эксплуатации месторождений являются:

- 1) Выявление благоприятный для размещения полезных ископаемых геологических структур;
- 2) Обнаружение тел полезных ископаемых на флангах и глубоких горизонтах месторождений в пространстве между выработками;
- 3) Определение мощности и контуров тел полезных ископаемых, условий их залегания;
- 4) Оценка качества полезных ископаемых;
- 5) Уточнение гидрогеологических условий месторождений;
- 6) Оценка состояния массивов горных пород и прогнозирование геодинамических процессов.

Геофизические исследования в зависимости от целей, решаемых задач и условий проведения работ выполняются в наземном, скважинном и подземном вариантах. Все геофизические методы в зависимости от природы физических

полей подразделяются на гравиметрические, магнитные, электромагнитные, радиоволновые, сейсмические, радиометрические и термические.

Особенность применения методов наземной геофизики на действующих горных предприятиях выражается в их детальности, крупномасштабности, сложности учета геометрии выработок, наличии техногенных полей.

**Гравиметрические методы**, базирующиеся на оценке гравитационных аномалий, позволяют определить глубину залегания, форму и размеры тел полезных ископаемых, выявить блоки плотных и закарстованных пород, зоны трещиноватых и брекчированных пород. По положительным гравитационным аномалиям изучают рудные месторождения хромита, барита, по отрицательным аномалиям – месторождения каменной соли, ископаемых углей.

**Магнитные методы** основаны на изучении магнитных аномалий, вызванных различной магнитной восприимчивостью горных пород и полезных ископаемых. Они применяются для оценки магнетитовых руд, алмазоносных кимберлитовых трубок, бокситовых руд, золотоносных россыпей.

**Электромагнитные методы** исследования массивов горных пород предназначены для выявления и изучения аномалий в электромагнитных полях. Среди них наиболее распространенными являются методы естественного поля, заряженного тела, вызванной поляризации, кажущегося сопротивления, пьезоэлектрический, магнито-теллурический. С их помощью изучают сульфидные и угольные месторождения, оконтуривают рудные тела, пласты антрацита и графита, выявляют дайки, разрывные нарушения.

Высокочастотные **радиоволновые методы** (индуктивные, радиоволнового просвечивания, интерференционные) применяются для определения местоположения и размеров рудных тел, залежей угля, графита, обнаружения тектонических нарушений и обводненных зон.

**Сейсмические методы** (отраженных волн, корреляционный преломленных волн) характеризуют строение и состояние массивов горных пород. Их используют при разведке и инженерно-геологических изысканиях: изучении зон

трещиноватости, разломов, карстовых полостей, выветрелых горных пород, а также при оценке параметров упругости и прочности горных пород.

**Радиометрические методы**, фиксирующие естественные радиоактивные поля, применяются при изучении месторождений урановых руд, при выявлении разломов, зон трещиноватости.

Геофизические методы исследования скважин (каротаж) основаны на изучении в них различных полей. По данным каротажа строят геологические разрезы, оценивают структуру месторождений, расчленяют толщи по литологическим признакам, выявляют полезные ископаемые, определяют физические свойства горных пород. Наиболее распространенными являются следующие виды каротажа скважин: электрический, магнитный, акустический, термический, радиоактивный, фотометрический, газовый. Для рудных месторождений наибольшее значение имеют электрический, радиоактивный и магнитный каротажи. С помощью электрического каротажа осуществляется расчленение разрезов скважин на медноколчеданных месторождениях по удельному сопротивлению или проводимости. При радиоактивном каротаже на урановых месторождениях наиболее часто применяют методы ГК, НГК, ГГК-С. Магнитный каротаж на месторождениях железных руд проводится методом КМВ с использованием скважинных каппометров. Используется также комплексная аппаратура электромагнитного каротажа для измерения электропроводности и магнитной восприимчивости пород и руд.

Для контроля за техническим состоянием рудных скважин применяются специальные геофизические методы. К ним относятся инклинометрия, предназначенная для измерения углов отклонения оси скважины от вертикали (зенитное искривление) и от плоскости разведочного разреза (азимутальное искривление), и кавернометрия, с помощью которой определяют фактический диаметр скважины.

При проведении гидрогеологических исследований на разрабатываемых месторождениях для выделения фильтрующих горизонтов, выявления и изуче-

ния водопритоков, оценки дебитов и минерализации подземных вод, определения значений коэффициентов фильтрации используются такие геофизические методы как термометрия, резистивиметрия, расходометрия, барометрия. Термометры сопротивлений применяют для непрерывного или поточечного измерения температур в скважинах. Резистивиметрия служит для измерения удельного электрического сопротивления промывочной жидкости. Расходометрия предназначена для определения скорости перемещения жидкости по скважине. Барометрия используется для установления давления по стволу скважины.

Методы подземной (шахтной) геофизики применяют для изучения подземного пространства с помощью источника и приемника поля, помещенных в горных выработках и скважинах подземного бурения. Основное назначение этих методов заключается в оперативном обеспечении геолого-геофизическими результатами процесса разведочных работ и подготовки эксплуатационных блоков, изучения гидро- и инженерно-геологических условий освоения месторождений, прогнозирования геодинамических процессов. В подземной геофизике получили распространение различные варианты методов электро-, грави-, термо-, магнито- и сейсморазведки, геоакустики и др. Электропрофилирование применяется для оконтуривания рудных тел с низким удельным сопротивлением, метод заряда - для установления сплошности рудных залежей, метод вызванной поляризации – для выделения участков наиболее обогащенных руд, фиксации вкрапленных руд.

С помощью подземной гравиразведки решаются следующие задачи:

- 1) Ведение поисков в межвыработочном пространстве рудных залежей, не выявленных при разведке;
- 2) Выяснение условий залегания, формы и размеров рудных залежей;
- 3) Определение литологических и тектонических контактов пород с разной плотностью;
- 4) Обнаружение проявлений глубинного карста, пустот в продуктивных толщах, зон обрушения;

5) Установление плотностных характеристик толщ горных пород между горизонтами.

Методы подземной магниторазведки позволяют выяснить природу магнитных аномалий, вести поиск намагниченных тел в окрестностях выработок и забойном пространстве, выявить их пространственное положение, формы, размеры, элементы залегания.

Радиоволновые методы в шахтно-рудничном варианте используются для решения следующих вопросов:

- 1) Оценка рудоносности блоков пород между выработками для целенаправленного ведения горно-буровых работ;
- 2) Выяснение особенностей морфологии, размеров, условий залегания тел полезных ископаемых – уточнение контуров, выделение мест разрыва сплошности, апофиз и пережимов;
- 3) Контроль за отработкой эксплуатационных блоков с целью предотвращения потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Применение подземных радиоволновых методов дало положительные результаты на медно-никелевых, медноколчеданных, полиметаллических, железорудных месторождениях.

Сейсмические и геоакустические методы подземной геофизики позволяют определить упругие свойства горных пород, изучать степень их трещиноватости, исследовать напряженное состояние массива, выявлять подземные полости и зоны разломов, оконтуривать рудные залежи, угольные и соляные пласты.

## **ЛЕКЦИЯ 18**

### **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Основными задачами гидрогеологических исследований на стадии разработки месторождений являются:

- 1) определение характера взаимосвязи подземных и поверхностных вод;
- 2) изучение водообильности и водопроницаемости пород;



3) установление возможных водопритоков в горных выработках;

4) исследование агрессивности подземных вод и возможности их использования для бытового и промышленного водоснабжения.

Гидрогеологические исследования при открытой разработке месторождений карьерами включают: 1) наблюдение за режимом водопритока и уровнем подземных вод; 2) проведение откачек и нагнетаний вод; 3) изучение состава и свойств воды; 4) гидрогеологическая съемка.

Наблюдение за режимом притоков подземных и поверхностных вод в карьере осуществляется по системе ориентировочных точек. По мере развития карьера их количество пополняется и изменяется. Для установления режима водопритоков проводятся следующие наблюдения:

1) определение дебита наиболее крупных концентрированных выходов воды в откосах уступов и на дне карьера;

2) оценка единичных расходов потоков воды, просачивающихся на откос уступа (траншеи) карьера на характерных участках, а также расхода воды, поступающей в водосборники;

3) исследование поглощения атмосферных, поверхностных и технических вод;

4) изучение и прогнозирование динамики изменения депрессионной воронки во времени и пространстве по мере развития фронта горных работ.

Частота режимных наблюдений за водопритоками в карьерах должна быть не менее 2-3 раз в месяц, а в периоды весеннего снеготаяния и ливневых дождей – 1 раз в три дня или ежедневно.

На месторождениях с простыми гидрогеологическими условиями режимные наблюдения за водопритоками проводят по центральному водоотливу, на обводненных карьерных полях – по пунктам, расположенным по всему контуру горных работ. Для уточнения водопроницаемости горизонтов в карьерах выполняются кратковременные пробные или опытные откачки вод. Линии сква-

жин или шурфов ориентируют по направлению потока подземных вод и перпендикулярно к нему.

Наливы в скважины и шурфы проводятся для приближенного определения проницаемости и поглощения воды в горизонтах водоносных пород. Для изучения фильтрационных характеристик, трещиноватости пород по величине удельного водопоглощения осуществляются опытные нагнетания вод в выработки.

Состав, температура и другие характеристики вод определяются по сети наблюдательных пунктов в карьерах. Агрессивность подземных вод к металлам и бетону устанавливается по величине pH, содержанию в них свободных кислорода, угольной ( $H_2CO_3$ ) и серной ( $H_2SO_4$ ) кислот. Качество подземных вод и возможность их использования для питья, в технических целях или сельском хозяйстве оцениваются в соответствии с нормами и стандартами.

Гидрогеологическая съемка должна охватывать все карьерное поле и прилегающую к нему площадь на расстоянии не менее 1 километра. Съемка проводится в период сезонных изменений режима поверхностных водотоков, а при строительстве карьера – каждый месяц. Она выполняется на основе геологического плана карьера масштаба 1:10 000. Он включает контуры горных работ, некоторые нарушения, трещинные зоны, водоносные горизонты и водоупоры, участки деформаций уступов. Результаты гидрогеологической съемки отображают на геолого-маркшейдерских планах, планах гидроизогипс и гидроизопьез (одинаковых уровней напора подземных вод). На основании полученных при гидрогеологических исследованиях в карьерах данных рассчитывается водоотлив.

Гидрогеологические наблюдения при подземной разработке месторождений на рудниках и шахтах предназначены для установления режима подземных вод, условий формирования водопритока, его зависимости от развития очистных работ на горизонте и подготовительных работ на глубину. Для исследования связи поверхностных и подземных вод, ее влияние на водопритоки изуча-

ется поверхность шахтного поля. На ней выделяются участки повышенной фильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод, поглощения сбрасываемых шахтных вод. В подземных горных выработках, опережающих, дренажных и гидрогеологических скважинах выполняются наблюдения за режимом подземных вод. Они позволяют установить суммарные и погоризонтные поступления воды в шахту, динамику изменения депрессионной воронки во времени и пространстве, определить роль тектонических нарушений в обводнении месторождения, выявить гидрогеологические параметры водоносных горизонтов и комплексов, химический состав и свойства подземных вод. Для прогнозирования величины водопритоков в шахту определяют удельные водопритоки на 1 м понижения в центре депрессионной воронки, на 1 м глубины отработки месторождений, на единицу длины горной выработки, на 1 тонну добытого полезного ископаемого.

Инженерно-геологические исследования при эксплуатации месторождений выполняются для:

- 1) определения физико-механических свойств вмещающих пород и полезных ископаемых в массиве и отбитой горной массы;
- 2) уточнения структуры разрабатываемых и отвальных массивов;
- 3) оценки устойчивости и деформаций стенок горных выработок, бортов карьеров и отвалов;
- 4) установления проявлений горных ударов, внезапных выбросов пород и газа;
- 5) разработки мероприятий по предотвращению оползней, провалов, обрушений.

На месторождениях со сложными инженерно-геологическими условиями, разрабатываемых открытым способом – карьерами уточняют физико-механические свойства горных пород и полезных ископаемых.

При лабораторных испытаниях образцов определяют следующие характеристики:

1) для твердых и полутвердых пород – влажность, плотность и объемную массу, хрупкость, морозостойкость, сопротивление сжатию.

2) для глинистых пород – плотность и объемную массу, пористость, влажность, водопроницаемость, просадочность, набухаемость, зерновой состав;

3) для песчаных пород – зерновой состав, влажность, плотность и объемную массу, влагоемкость, водоотдачу, угол естественного откоса.

Полный комплекс физико-химических испытаний проводится по контрольным пробам.

Для остальных проб устанавливают только расчетные параметры (объемную массу, влажность, пористость, угол внутреннего трения, сцепление). На карьерах из каждой разновидности пород отбирают по 2-3 контрольные пробы на каждые 50-75 метров продвижения фронта горных работ и на 10-20 метров углубки карьера.

Изучение деформаций пород в карьере и устойчивости отвалов включает:

1) описание признаков деформации откосов и дна карьера (трещины, оползни, обвалы, провалы);

2) выявление связи деформаций пород с механическими нарушениями и интенсивностью выветривания пород в откосах;

3) исследование влияния обводненности пород на развитие деформации откосов уступов;

4) определение воздействия взрывных работ на развитие деформации откосов.

Сопротивление сдвигу горных пород определяется срезом больших призм, монолитов, целиков породы в шурфах.

Инженерно-геологические исследования при подземной разработке месторождений проводятся для решения следующих задач: 1) уточнение физико-механических свойств горных пород и полезных ископаемых; 2) изучение трещиноватости и тектонической нарушенности пород; 3) установление характера и интенсивности развития инженерно-геологических явлений (вывалов, об-

рушений, проседания пород); 4) оценки проявления горного давления в подземных выработках и деформаций поверхности, связанных с ведением добычных работ.

Наиболее детально на рудниках изучают физико-механические свойства пород в зонах повышенной трещиноватости, брекчирования, тектонической нарушенности, выветривания.

Результаты инженерно-геологических исследований при открытой и подземной разработке месторождений используются для следующих целей:

- 1) районирования карьерных (шахтных) полей и отвальных территорий;
- 2) разработки мероприятий по управлению состоянием массива пород для обеспечения безопасного ведения горных работ;
- 3) охраны недр и земельных ресурсов;
- 4) восстановления нарушенных территорий.

## **ЛЕКЦИЯ 19**

### **ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ**

Текущие задачи геологической службы на горнодобывающем предприятии, включают:

- 1) учет потерь и разубоживания полезных ископаемых;
- 2) учет движения запасов;
- 3) планирование добычи полезных ископаемых;
- 4) прогнозирование количества и качества минерального сырья;
- 5) управление качеством руд.

Промышленные запасы – это часть балансовых запасов, подлежащая извлечению из недр. Балансовые запасы состоят из промышленных запасов, проектных потерь и запасов, нецелесообразных для отработки по технико-экономическим причинам.

Промышленные запасы делятся на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке. К вскрытым относятся запасы, подсеченные капитальными горными

выработками, к подготовленным – запасы, оконтуренные подготовительными выработками. Готовыми к выемке считаются запасы, подсеченные нарезными горными выработками. Подготовленные запасы включают активные запасы, предназначенные для выемки и неактивные запасы, находящиеся во временных целиках, пожароопасных участках, временно заваленные или затопленные.

Проектные потери состоят из общешахтных потерь в целиках под охраняемыми объектами, барьерных целиках, целиках для охраны капитальных горных выработок и эксплуатационных потерь в целиках, обусловленных принятой на месторождении системой разработки. К запасам, нецелесообразным для отработки по технико-экономическим причинам относятся запасы мелких изолированных тел полезных ископаемых, запасы участков с интенсивной тектонической нарушенностью и обводненных участков.

Обеспеченность горного предприятия подготовленными запасами – важнейшее условие его эффективной деятельности. На каждом предприятии устанавливаются нормативы на количество подготовленных и готовых к выемке запасов. Сущность нормативов состоит в восполнении каждого отработанного блока равноценным блоком, готовым к выемке, а каждого блока, готового к выемке – подготовленным блоком.

## ПОТЕРИ И РАЗУБОЖИВАНИЕ

Разведанные запасы полезных ископаемых при разработке месторождения не могут быть полностью извлечены из недр по многим причинам. Часть добытой рудной массы попадает в отвалы пустых пород, теряется при транспортировке и складировании. Разница между подсчитанными и извлеченными балансовыми запасами образует потери.

Отношение потерянных балансовых запасов к погашенным называется коэффициентом потерь, он оценивается по формуле:

$$1) \eta = \frac{Q_m - Q_d}{Q_m} \times 100\%$$

где:  $Q_m$  - запасы руды в массиве, т;  $Q_d$  - запасы добытой руды, т.

Разубоживание (потери качества) – это происходящее в процессе разработки снижение содержания полезного компонента в добытой рудной массе по сравнению с содержанием его в массиве.

Причинами разубоживания руд является:

- 1) примешивание пустых пород или некондиционных руд;
- 2) потери части полезного компонента в виде обогащенной мелочи;
- 3) выщелачивание полезных компонентов и т.д.

Количественно потери качества выражаются коэффициентом разубоживания, который определяется как отношение разницы между содержанием полезного компонента в массиве ( $C_m$ ) и добытой руде ( $C_p$ ) к содержанию его в массиве:

$$2) r = \frac{C_m - C_p}{C_m} \times 100\%,$$

При разработке месторождений подземным способом уровень фактических потерь составляет на железорудных месторождениях 20-30%, на месторождениях цветных металлов 15-35%, минеральных солей – до 45-60%.

Разубоживание на рудниках достигает 18-30%. В целом, чем сложнее горно-геологические условия разработки, тем выше потери и разубоживание.

При открытом способе разработки потери составляют – 4-6%, разубоживание – 5-10%.

#### УЧЕТ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Потери количества и качества полезных ископаемых устанавливаются: прямыми, косвенными и комбинированными методами.

При прямом методе потери руды определяются по замерам в натуре или на геолого-маркшейдерской графике. При определении разубоживания прямым методом замеряется количество разубоживающих пород. Применение прямых методов возможно при четких контактах рудных тел с вмещающими породами. Если контакты нечеткие применяют косвенные методы. Они основаны на сопоставлении количества добытой руды с количеством погашенных балансовых

запасов – при определении потерь, и на сопоставлении содержаний полезных компонентов в них – при определении разубоживания.

Комбинированные методы состоят в сочетании прямых и косвенных приемов определения потерь и разубоживания полезных ископаемых. Где это возможно применяют прямые методы, где нет – косвенные. Окончательные величины потерь и разубоживания можно определить только после полной отработки эксплуатационного блока. Дифференцированный учет потерь и разубоживания руд при разработке месторождений проводится на основании выделения приконтурных и внутриконтурных выемочных единиц рудника (эксплуатационных блоков, камер). Это связано с тем, что 85-90% всех фактических потерь и разубоживания руд приходится на приконтактные части залежей (кровлю, подошву, фланги тел) и лишь 10-15% потерь и разубоживания руд – на внутренние части залежей.

На величины потерь и разубоживания также существуют нормативы. За нормативные принимают такие величины потерь и разубоживания, которые оправданы технически и допустимы экономически. Нормативы устанавливаются проектом горного предприятия.

### ДВИЖЕНИЕ ЗАПАСОВ

Запасы полезных ископаемых являются динамической системой, они постоянно находятся в движении. Движением запасов называется изменение их количества в процессе разведки, добычи, переоценки и других причин. По мере выемки балансовые запасы переходят в погашенные. Среди них различают запасы добытые и потерянные.

В процессе добычи запасы превращаются в рудную массу, которая содержит извлеченные запасы балансовой руды и разубоживающую массу.

В процессе эксплуатации происходят следующие виды изменения запасов:

- 1) погашение;
- 2) приращение;
- 3) перевод в более высокую категорию;



- 4) перевод из забалансовых в балансовые запасы и наоборот;
- 5) списание запасов;
- 6) снятие с баланса;
- 7) постановка на баланс.

Соответственно называют запасы: погашенные, приращенные, переведенные в другую категорию, списанные и др.

Причинами изменения запасов могут быть: 1) разведка; 2) переоценка; 3) неподтверждение; 4) изменение технических границ месторождения; 5) подготовка к добыче; 6) добыча; 7) потери.

Учет состояния и движения запасов является важной задачей геологической службы горных предприятий. Основная цель учета движения запасов – получение полных данных о состоянии минерально-сырьевой базы предприятия, обеспеченности разведанными запасами. Учет запасов начинается с момента передачи месторождения в эксплуатацию и проводится ежегодно на 1 января каждого года. Контроль за учетом запасов осуществляет Госгортехнадзор Российской Федерации.

## **ЛЕКЦИЯ 20**

### **ПЛАНИРОВАНИЕ ДОБЫЧНЫХ РАБОТ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Деятельность горных предприятий осуществляется по заранее составленным планам.

План представляет собой перечень объемов работ, составленный по видам работ, объектам и календарным периодам. Основными показателями планирования являются:

- 1) при планировании добычи – а) количество руды в целом и по сортам, б) процентное содержание полезных компонентов;
- 2) при планировании проходки – длина и объем горных выработок;
- 3) при планировании бурения – длина скважин;
- 4) при планировании закладки – объем закладываемых пустот.

Различают перспективное, текущее и оперативное планирование.

Перспективное планирование проводится на 6-8 лет. Это обосновывается тем, что при перспективном планировании решается вопрос о сроках введения в эксплуатацию новых горизонтов. Цикл их подготовки занимает 5-7 лет. Текущим является годовое планирование. Оно осуществляется в форме техпромфинплана. Оперативное планирование – это составление квартальных, месячных, недельных и суточных планов.

Планирование горных работ выполняется на основе прогноза количественных и качественных показателей полезных ископаемых. Прогнозируются следующие показатели: 1) количество горной массы; 2) количество руды; 3) качество руды в целом и по типам и сортам.

Для прогноза количества и качества полезных ископаемых в недрах на графические геологические материалы (планы, разрезы, проекции) наносят плановый контур добычи полезных ископаемых. Внутри него по бортовым содержаниям оконтуривают полезные ископаемые и выделяют участки разных сортов, согласно техническим условиям. Для каждого участка подсчитываются запасы и определяются качественные показатели. Затем подсчитывают суммарные запасы в целом и по сортам в плановом контуре добычи полезных ископаемых.

#### УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РУД

Ценность товарной руды, поступающей на обогатительную фабрику и металлургический передел, определяется не столько величиной качественных показателей, сколько их стабильностью. Это обусловлено тем, что режим переработки руд (обогащения, плавки и т.д.) настраивается на определенный качественный состав поступающего сырья. Всякое изменение качества руд вызывает необходимость изменения параметров технологического процесса и увеличения расхода руды, потерь металла, затрат реагентов и энергии.

В связи с этим перед горным производством ставится задача обеспечения постоянства качественных показателей в технологическом потоке. Отсюда вытекает необходимость управления качеством руд.

Управление качеством руд – это совокупность операций, направленных на достижение в массе добытой руды заданных показателей качества. Информационной основой для управления качеством руд является опробование. При этом опробование должно быть оперативным. Наиболее оперативны геофизические методы опробования.

Основным качественным показателем, к которому применяются управляющие воздействия, является содержание в руде ведущего полезного компонента. При этом используют два статистических показателя: 1) среднее содержание полезного компонента в руде или концентрате; 2) его изменчивость, выраженную среднеквадратичным отклонением.

Учет и измерение этих величин – основной прием управления качеством руд. Контролем должны быть охвачены все основные звенья технологической цепочки. Каждая операция управления качеством руд состоит из 2-х основных стадий:

- 1) определение содержания полезного компонента в руде и концентрате;
- 2) применение к нему управляющего воздействия.

Управляющие воздействия могут быть двух видов: 1) разделение объемов руды; 2) объединение (смешивание) порций руды.

Задачи управления качеством руд:

- 1) изучение закономерностей размещения качественных показателей в недрах;
- 2) выбор оптимального направления отработки рудных тел, обеспечивающего минимальную изменчивость качественных показателей в добытой рудной массе;
- 3) планирование участков отработки, совокупное качество которых соответствуют плановому уровню;
- 4) управление объемами и корректировка границ добычи для обеспечения среднего уровня показателей качества;

5) смешивание руд в специальных складах, штабелях, бункерах, с целью усреднения их качества.

Операциями управления качеством руд являются:

1) выделение объемов руды с разными показателями качества в недрах или потоке;

2) оперативное получение информации о качестве руд в данных объемах;

3) управление последовательностью добычи руд и подачи их на переработку.

Способы управления качеством руд включают:

1) разделение участка массива на части с разным качеством руд и селективная их отработка;

2) разделение очистного блока на части с разным качеством и выдача руды в определенной последовательности;

3) разделение потока горной массы на части по качеству и группировка их в промышленные сорта;

4) перераспределение порядка следования порций горной массы внутри рудопотока, в соответствии с качеством руды в порциях.

В настоящее время на крупных горно-обогатительных комбинатах имеются автоматизированные системы управления качеством продукции – АСУКП. Они действуют на базе ядерно-геофизических методов опробования.

### УСРЕДНЕНИЕ РУД ПРИ ДОБЫЧЕ

Стабильность качественных показателей достигается в процессе управления качеством руд путем их усреднения. Под усреднением понимается комплекс мероприятий по поддержанию постоянных качеств руды, отправляемой потребителю. Параметр, подлежащий усреднению, выбирается по его значимости для производства.

Степень стабилизации качественных показателей оценивается коэффициентом усреднения:

$$1) \kappa_{yc} = \frac{\delta_1}{\delta_2} (> 1),$$

где:  $\delta_1$  - среднеквадратичное отклонение показателя до усреднения, а  $\delta_2$  - после усреднения.

Наиболее полно качество усреднения отражает формула:

$$2) \kappa'_{yc} = 1 - \frac{\delta_2}{\delta_1} (< 1),$$

Значения этого коэффициента изменяются от 0 до 1. В случае полного отсутствия эффекта усреднения он равен 0, в идеально усредненной руде – 1.

Усреднение – процесс многоступенчатый. Он начинается в забоях рудника, продолжается на складах карьеров и шахт, на складах и бункерах дробильно-сортировочных, обогатительных и конгломерационных фабрик.

Выделяют четыре ступени или стадии усреднения руд: 1) при планировании горных работ; 2) путем управления добычными забоями и транспортом; 3) посредством создания усреднительных складов; 4) с помощью специального усреднительного оборудования и механизмов.

Первой стадией процесса усреднения является планирование такого порядка горных работ, который обеспечил бы сглаживание качественных характеристик в пределах длительных календарных сроков – не менее года или квартала. На этой стадии можно достичь коэффициента усреднения от 1,5 до 2,5.

Вторая стадия усреднения состоит в организации гибкого управления добычными забоями и транспортом в течении суток или смены. Высокая эффективность усреднения достигается за счет следующих мероприятий:

- 1) селективной выемки качественно разнородных участков забоев;
- 2) поддержания резервных забоев с разными качественными характеристиками руды;
- 3) применения подшихтовочных складов.

Коэффициент усреднения на второй стадии составляет 2,5-3.

На третьей стадии применяются прикарьерные и околоствольные усреднительные склады, на которых стабилизация качества осуществляется за счет определенной последовательности укладки руды в штабеля. Штабеля рудной массы отсыпаются по мере ее поступления тонкими слоями. В каждом слое ру-

да имеет определенное качество. Отгрузка рудной массы производится вкрест слоев, в результате чего при направленном перемешивании материала разных слоев происходит усреднение руд.

В четвертую стадию достигается самый высокий эффект усреднения на складах обогатительных фабрик и рудных дворах металлургических заводов посредством применения специальных усреднительных механизмов и оборудования. На этой стадии усреднение достигается путем механического перемешивания рудной массы в специальных емкостях, как правило, в автоматическом режиме.

## ЛЕКЦИЯ 21

### МОНИТОРИНГ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ММТПИ)

ММТПИ является подсистемой мониторинга состояния недр (геологической среды). Он представляет собой объектный уровень мониторинга. ММТПИ – это система регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния недр и связанных с ними других компонентов окружающей природной среды в границах техногенного воздействия в процессе геологического изучения и разработки месторождения, а также ликвидации и консервации горнодобывающих предприятий.

К компонентам окружающей природной среды относятся недра, почвы, растительный и животный мир, поверхностные и подземные воды, воздух.

**Целью** ведения ММТПИ является информационное обеспечение органов управления государственным фондом недр и недропользователей при геологическом изучении и разработке месторождений полезных ископаемых. Для реализации этой цели в системе ММТПИ осуществляется решение следующих задач:

- 1) Оценка текущего состояния геологической среды на месторождении, включая зону существенного влияния его эксплуатации;

- 2) Составление текущих, оперативных и долгосрочных прогнозов изменения геологической среды на месторождении и в зоне существенного влияния его отработки;
- 3) Проведение экономической оценки ущерба с определением затрат на осуществление природоохранных мероприятий и компенсационных выплат;
- 4) Разработка мероприятий по рационализации способов добычи полезного ископаемого, предотвращению аварийных ситуаций и ослаблению негативных последствий ведения эксплуатационных работ;
- 5) Контроль и оценка эффективности мероприятий по рациональному способу добычи полезного ископаемого.

К источникам антропогенного воздействия, связанными с добычей полезного ископаемого относятся:

- 1) Открытые и подземные горные выработки, технологические скважины подземного выщелачивания;
- 2) Сооружения шахтного или карьерного водоотлива (системы водопонижительных и дренажных скважин, подземных горных выработок);
- 3) Системы захоронения шахтных вод;
- 4) Фильтрационные завесы, связанные с закачкой в недра специальных растворов;
- 5) Газо-аэрозольные и пылевые выбросы;
- 6) Сооружения по инженерной защите горных выработок от негативного воздействия опасных геологических процессов;
- 7) Автономные водозаборы подземных вод.

Источниками антропогенного воздействия на окружающую среду, не связанными непосредственно с процессом добычи полезных ископаемых являются:

- 1) Отвалы горных пород, склады полезных ископаемых, шламо- и хвостохранилища, пруды-отстойники, накопители сточных вод;

- 2) Каналы и трубопроводы отвода рек и ручьев, технических вод и стоков;
- 3) Сбросы дренажных и сточных вод в поверхностные водотоки и водоемы;
- 4) Технологические и бытовые коммуникации;
- 5) Участки рекультивации земель;
- 6) Опасные инженерно-геологические процессы;

Мониторинг месторождений твердых полезных ископаемых включают:

- 1) Регулярные наблюдения за элементами геологической среды, горными выработками и другими сооружениями, регистрация наблюдаемых показателей и обработка полученной информации;
- 2) Создание и ведение информационных фактографических и картографических баз данных, включающих ретроспективную и текущую геологическую и технологическую информацию;
- 3) Оценка пространственно-временных изменений состояния геологической среды;
- 4) Учет движения запасов полезных ископаемых при их добыче и переработке;
- 5) Учет извлеченных (перемещенных) горных пород;
- 6) Прогнозирование изменения состояния объектов горных работ под влиянием добычи полезного ископаемого, дренажных мероприятий;
- 7) Предупреждения о вероятных негативных изменениях геологической среды и необходимой корректировке технологии добычи полезных ископаемых;
- 8) Разработка рекомендаций по ликвидации последствий аварийных ситуаций, связанных с изменениями состояния геологической среды.

На площади проведения ММТПИ выделяются 3 зоны:

- 1) Зона непосредственного ведения горных работ и размещения других технологических объектов, влияющих на изменение состояния недр в пределах границ горного отвода;



- 2) Зона существенного влияния разработки месторождения на различные компоненты геологической среды;
- 3) Периферийная зона, примыкающая к зоне существенного влияния разработки месторождения (зона фонового мониторинга).

Границы площади ведения горных работ (зоны горного отвода) определяются природными геологическими и технико-экономическими факторами. Верхней границей месторождения принимается поверхность земли, а нижней – подошва балансовых запасов полезного ископаемого.

Размеры зоны существенного влияния разработки месторождения твердых полезных ископаемых устанавливаются по распространению участков активизации опасных геологических процессов под влиянием добычи полезного ископаемого и существенного нарушения гидродинамического режима и структуры потоков подземных вод в пределах депрессионной воронки. Радиусы зон существенного влияния разработки месторождения обычно не превышают 10-20км в напорных пластах и первых километров – в безнапорных пластах.

Площадь периферийной зоны охватывает участки с геолого-гидрогеологическими условиями и ландшафтами, развитыми в зоне существенного влияния.

Все проводимые в системе мониторинга месторождений твердых полезных ископаемых наблюдения за состоянием окружающей природной среды делятся на две группы:

- 1) Стандартные (обязательные), осуществляемые на всех или большинстве месторождений;
- 2) Специальные (дополнительные), проводимые на отдельных месторождениях.

Стандартными наблюдаемыми показателями являются:

- 1) Данные по приросту запасов полезных ископаемых;
- 2) Количество и качество извлекаемых из недр полезных ископаемых;
- 3) Объем извлекаемых из недр горных пород;
- 4) Ход развития горных работ и состояние горных выработок;

- 5) Величина отбора шахтных и дренажных вод из внешних и внутренних водоприемных систем;
- 6) Величина сброса откачиваемых и сточных вод в различные элементы системы водоотведения;
- 7) Утечки из прудов-отстойников, накопителей сточных вод;
- 8) Уровни подземных вод всех водоносных горизонтов, участвующих в обводнении горных выработок;
- 9) Физические свойства, химический состав и температура подземных, шахтных и сточных вод.

К наблюдаемым специальным показателям относятся:

- 1) Расходы родников;
- 2) Уровни подземных вод в горизонтах, смежных с участвующими в обводнении горных выработок;
- 3) Расходы и уровни поверхностных вод; пересыхание и перемерзание, наледный сток;
- 4) Состояние горных выработок и их крепление;
- 5) Состояние устьев, фильтров и обсадных труб, насосного оборудования водозаборных и наблюдательных скважин;
- 6) Физико-механические свойства и трещиноватость пород;
- 7) Количество и величина карстовых воронок, изменение их размеров;
- 8) Плано-вертикальные деформации дневной поверхности для оценки оседания подрабатываемых территорий;
- 9) Данные геодезических и маркшейдерских наблюдений за деформациями склонов и бортов карьеров для оценки развития оползне-обвальных процессов;
- 10) Изменение состояния болот, видового состава и габитуса растительности;
- 11) Загрязнение атмосферного воздуха;
- 12) Техногенные землетрясения и горные удары;

13) Температура, физико-механические и теплофизические свойства многолетнемерзлых пород.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев И.И., Панов Ю.К. Основы рудничной геологии. Учебное пособие. Свердловск, 1984. 72 с.

2. Дворник Г.П., Угрюмов А.Н. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья. Учебное пособие. Екатеринбург, 2004 – 220 с.

3. Ершов В.В. Основы горнопромышленной геологии: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. 328 с.

4. Петруха Л.М. Разведка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Екатеринбург, 2003. 247 с.

5. Рудничная геология: Учебное пособие для вузов / В.Ф. Мягков, А.М. Быбочкин, И.И. Бугаев и др. – М.: Недра, 1986. 199 с.

6. Свирский М.А., Чумаченко Н.М., Афонин Б.А. Рудничная геология. – М.: Недра, 1987. 237 с.

7. Тимкин Т.В. Основы горнопромышленной геологии /Т.В. Тимкин; ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 81с.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор УГГУ  
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Б1.В.19 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РУД**

Специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых**

форма обучения: очная, заочная


Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 01.09.2021


(Дата)

Рассмотрена методической комиссией  
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель

  
(подпись)

Осипов П.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 12.10.2021

(Дата)

Екатеринбург  
2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА .....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса .....	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам .....	5
Подготовка и написание контрольной работы .....	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) .....	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	8
Подготовка к зачёту .....	8
Подготовка к экзамену .....	8

## ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

## **ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА**

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

*для подготовки ко всем видам текущего контроля:*

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

*для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:*

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

#### **Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса**

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

*для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

### **Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам**

*Практические занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;



- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

*Лабораторные занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

*для овладения знаниями:*

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

### **Подготовка и написание контрольной работы**

*Контрольная работа* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

*Доклад с презентацией* – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

*для овладения знаниями:*

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

*для формирования навыков и умений:*

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

### **Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)**

*Курсовая работа (проект)* – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **Подготовка к зачёту**

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

*Тест* – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

### **Подготовка к экзамену**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

*Теоретический вопрос* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

*Практико-ориентированное задание* – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу \_\_\_\_\_



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

### Б1.О.01 ФИЛОСОФИЯ

Специальность

*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 1

*Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых*

форма обучения: **очная, заочная**

Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

Одобрена на заседании кафедры

Философии и культурологии

*(название кафедры)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

*(подпись)*

Беляев В.П.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол №1 от 01.09.2021

*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией

Факультета геологии и геофизики

*(название факультета)*

Председатель \_\_\_\_\_

*(подпись)*

Бондарев В.И.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 2 от 07.10.2021

*(Дата)*

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	9
4	Методические рекомендации по написанию эссе	11
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	14
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	15
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21

## ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

**Самостоятельная работа студента (СРС)** - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

**Самостоятельная работа студента** - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столами.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблеме;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельной работе, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.



## 1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужно записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тестов по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

### ***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избежать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

### ***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии<sup>1</sup>.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii\\_dlya\\_studentov\\_21.pdf](http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf)

<sup>2</sup> Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: [http://priab.ru/images/metod\\_agro/Metod\\_Inostran\\_yazyk\\_35.03.04\\_Agro\\_15.01.2016.pdf](http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf)

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем времени на подготовку к устному опросу зависит от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

### 3. Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*Доклад должен соответствовать следующим требованиям:*

- тема доклада должна быть согласована с преподавателем и соответствовать теме занятия;
- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;
- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны соответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;
- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)
2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.
3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

#### ***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

#### ***Вступление.***

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

**Основная часть.**

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

**Заключение.**

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

<i>Критерии оценки доклада, сообщения</i>	<i>Количество баллов</i>
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

#### 4. Методические рекомендации по написанию эссе

*Эссе* - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

##### *Структура эссе*

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);
2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершенно необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

#### ***Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе***

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

*Тезис* - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

#### ***Требования к фактическим данным и другим источникам***

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедиться в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.



### **Как подготовить и написать эссе?**

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

*Планирование* - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

*Цель* должна определять действия.

*Идеи*, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

*Аналогии* - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

*Ассоциации* - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

*Предположения* - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

*Рассуждения* - формулировка и доказательство мнений.

*Аргументация* - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

*Суждение* - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

*Доводы* - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники*. Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

*Качество текста* складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

*Мысль* - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

*Внятность* - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

*Грамотность* отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

*Корректность* — это стиль написанного. Стиль определяется жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогов обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

## 6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия*, где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

*Дискуссия* (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

*Дискуссия- диалог* чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

*Дискуссия - спор* используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,
- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;
- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;
- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;
- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

**Подготовка студентов к дискуссии:** если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

**В проведении** дискуссии выделяется несколько этапов.

**Этап 1-й, введение в дискуссию:** формулирование проблемы и целей дискуссии; определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

**Этап 2-й, обсуждение проблемы:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

**Этап 3-й, подведение итогов обсуждения:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## **7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов**

*Экзамен* - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неувоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадет на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала, кратко записав это на листе бумаги, создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

- 1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
- 2) добросовестное выполнение заданий;
- 3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
- 4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
- 5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
- 6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
- 7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html>
2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>
3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.





## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	4
2 Методические указания по подготовке к опросу	8
3 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
4 Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	10
5 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	11
Заключение	14
Список использованных источников	15

## ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## **1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий**

**Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций.** Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации<sup>1</sup>. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированным заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия,

---

<sup>1</sup> Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>

необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированными заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированными заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.

2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.

3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированному заданию и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.

4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.

5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированным заданием.

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один-два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

**Дискуссия** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

**Метод «мозговой атаки»** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в

качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

**Презентация**, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода *case-study*. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.



Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избежать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного анализа (правильность предложений, подготовленность, аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющих в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим метода

## **2. Методические указания по подготовке к опросу**

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

### ***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

### ***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии<sup>2</sup>.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).

---

<sup>2</sup>Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii\\_dlya\\_studentov\\_21.pdf](http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf)

5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)<sup>3</sup>.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

### **3. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помочь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать

---

<sup>3</sup>Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: [http://priab.ru/images/metod\\_agro/Metod\\_Inostran\\_yazyk\\_35.03.04\\_Agro\\_15.01.2016.pdf](http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf)

авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

#### **4. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям**

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной

дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## **5. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов**

*Экзамен* - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения

воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неувоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадет на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неустойчивый физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;

- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

- 1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
- 2) добросовестное выполнение заданий;
- 3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
- 4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
- 5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
- 6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
- 7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.
2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: [//http://evolkov.net/case/case.study.html/](http://evolkov.net/case/case.study.html)
3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>
4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.
5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii\\_dlya\\_studentov\\_21.pdf](http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



Проректор по учебно-методическому комплексу С.А. поров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

### Б1.О.03 РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Направление подготовки/ специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

**Специализация № 1**

**Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений**

**твердых полезных ископаемых**

формы обучения: **очная, заочная**

Автор: Гладкова И. В., доцент, к. ф. н.

Одобрена на заседании кафедры

Философии и культурологии

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Беляев В. П.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 01.09.2021

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	7
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	9
4	Методические рекомендации по написанию эссе	11
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	14
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	15
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21

## ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

**Самостоятельная работа студента (СРС)** - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

**Самостоятельная работа студента** - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблеме;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельной работе, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

## 1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тестов по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

### ***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избежать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

### ***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии<sup>1</sup>.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii\\_dlya\\_studentov\\_21.pdf](http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf)

<sup>2</sup> Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: [http://priab.ru/images/metod\\_agro/Metod\\_Inostran\\_yazyk\\_35.03.04\\_Agro\\_15.01.2016.pdf](http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf)



Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем времени на подготовку к устному опросу зависит от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

### 3. Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*Доклад должен соответствовать следующим требованиям:*

- тема доклада должна быть согласована с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны соответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

#### ***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

#### ***Вступление.***

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;
- современную оценку предмета изложения;

- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

**Основная часть.**

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

**Заключение.**

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

<i>Критерии оценки доклада, сообщения</i>	<i>Количество баллов</i>
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен

#### 4. Методические рекомендации по написанию эссе

*Эссе* - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

##### *Структура эссе*

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);
2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершенно необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

#### ***Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе***

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

*Тезис* - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

#### ***Требования к фактическим данным и другим источникам***

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедиться в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

### ***Как подготовить и написать эссе?***

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

*Планирование* - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

*Цель* должна определять действия.

*Идеи*, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

*Аналогии* - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

*Ассоциации* - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

*Предположения* - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

*Рассуждения* - формулировка и доказательство мнений.

*Аргументация* - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

*Суждение* - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

*Доводы* - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники*. Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

*Качество текста* складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

*Мысль* - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

*Внятность* - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

*Грамотность* отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

*Корректность* — это стиль написанного. Стиль определяется жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогов обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

## 6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия*, где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

*Дискуссия* (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обуславливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

*Дискуссия- диалог* чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

*Дискуссия - спор* используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:



- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,
- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;
- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;
- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;
- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

**Подготовка студентов к дискуссии:** если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

**В проведении** дискуссии выделяется несколько этапов.

**Этап 1-й, введение в дискуссию:** формулирование проблемы и целей дискуссии; определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

**Этап 2-й, обсуждение проблемы:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

**Этап 3-й, подведение итогов обсуждения:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## **7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов**

*Экзамен* - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неувоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадет на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала, кратко записав это на листе бумаги, создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неусттомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

- 1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
- 2) добросовестное выполнение заданий;
- 3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
- 4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
- 5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
- 6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
- 7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>
2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>
3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу  
  
С.А. Упоров



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Б1.О.04 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрены на заседании кафедры  
*Иностранных языков и деловой  
коммуникации*

(название кафедры)

Зав. кафедрой

к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 28.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

**Методические указания по дисциплине согласованы с выпускающей  
кафедрой ГПР МПИ**

Заведующий кафедрой



В.А.Душин



## Содержание

Цели и задачи дисциплины .....	3
Требования к оформлению контрольной работы .....	4
Содержание контрольной работы.....	4
Выполнение работы над ошибками.....	8
Критерии оценивания контрольной работы .....	9
Образец титульного листа .....	10

### **Цель и задачи дисциплины**

**Цель дисциплины:** повышение исходного уровня владения иностранным языком, достигнутого на предыдущей ступени образования, и достижение уровня иноязычной коммуникативной компетенции достаточного для общения в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах, а также для дальнейшего самообразования.

### **Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:**

*общекультурные:*

- способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-6);

*общепрофессиональные:*

- готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-2).

*Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):*

- владение иностранным языком как средством коммуникации в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах;
- развитие когнитивных и исследовательских умений с использованием ресурсов на иностранном языке;
- развитие информационной культуры;
- расширение кругозора и повышение общей гуманитарной культуры студентов;
- воспитание толерантности и уважения к духовным ценностям разных стран и народов.

Методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности *21.05.02 Прикладная геология*.

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации*. Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.Б.1.03 Иностранный язык. А именно, в результате освоения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- особенности фонетического строя иностранного языка;
- лексические единицы социально-бытовой и академической тематики, основы терминосистемы соответствующего направления подготовки;
- основные правила грамматической системы иностранного языка;
- особенности построения устных высказываний и письменных текстов разных стилей речи;
- правила речевого этикета в соответствии с ситуациями межличностного и межкультурного общения в социально-бытовой, академической и деловой сферах;
- основную страноведческую информацию о странах изучаемого языка;
- лексико-грамматические явления иностранного языка профессиональной сферы для решения задач профессиональной деятельности;

*Уметь:*

- вести диалог/полилог и строить монологическое высказывание в пределах изученных тем;
- понимать на слух иноязычные тексты монологического и диалогического характера с различной степенью понимания в зависимости от коммуникативной задачи;
- читать аутентичные тексты прагматического, публицистического, художественного и научного характера с целью получения значимой информации;
- передавать основное содержание прослушанного/прочитанного текста;

- записывать тезисы устного сообщения, писать эссе по изученной тематике, составлять аннотации текстов, вести личную и деловую переписку;
- использовать компенсаторные умения в процессе общения на иностранном языке;
- пользоваться иностранным языком в устной и письменной формах, как средством профессионального общения;

*Владеть:*

- основными приёмами организации самостоятельной работы с языковым материалом с использованием учебной и справочной литературы, электронных ресурсов;
- навыками выполнения проектных заданий на иностранном языке в соответствии с уровнем языковой подготовки;
- умением применять полученные знания иностранного языка в своей будущей профессиональной деятельности.

### **Требования к оформлению контрольной работы**

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «Иностранный язык (английский)» представлено три варианта контрольной работы.

Номер варианта контрольной работы определяется для студентов в соответствии с начальными буквами их фамилий в алфавитном порядке. Например, студенты, у которых фамилии начинаются с букв А, выполняют контрольную работу № 1 и т.д. (см. таблицу №1).

Таблица №1

<i>начальная буква фамилии студента</i>	<i>№ варианта контрольной работы</i>
А, Г, Ж, К, Н, Р, У, Ц, Щ	№1
Б, Д, З, Л, О, С, Ф, Ч, Э, Я	№2
В, Е, И, М, П, Т, Х, Ш, Ю	№3

### **Содержание контрольной работы**

Контрольная работа проводится по теме 1. *Бытовая сфера общения (Я и моя семья)* и теме 2. *Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*, оборот *there+be*, имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

<i>Название темы</i>	<i>Страницы учебников</i>	
	<i>Агабекян И. П.</i>	<i>Журавлева Р.И.</i>
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435
Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов <i>to be</i> и <i>to have</i>	102-104	6-8
Оборот <i>there+be</i>	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

## **АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК**

### **Вариант №1**

**Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.**

**Пример:** Michael \_\_\_\_\_ everyone he meets because he is very sociable and easygoing. He has five brothers and two sisters, so that probably helped him learn how to deal with people.

A. gets divorced;      **B. gets along well with;**      C. gets married;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

**Задание 2. Заполните пропуски местоимениями *some, any, no* или их производными.**

**Пример:** A: Is *anything* the matter with Dawn? She looks upset.

B: She had an argument with her friend today.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неопределённые местоимения».*

**Задание 3. Заполните пропуски личными местоимениями (*I, we, you, he, she, it, they, me, us, him, her, them*).**

**Пример:** My teacher is very nice. I like ... . – I like **him**.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «личные и притяжательные местоимения».*

**Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках, обращая при этом внимание на использованные в предложениях маркеры.**

**Пример:** Every morning George **eats** (to eat) cereals, and his wife only **drinks** (to drink) a cup of coffee.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

**Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.**

**Пример:** Paul was tired when he got home. – **Was Paul tired when he got home? Yes, he was.**

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

### Контрольная работа

#### Вариант №2

**Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.**

**Пример:** A British university year is divided into three \_\_\_\_\_.

1) conferences;      2) sessions;      3) **terms**;      4) periods;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

**Задание 2. Выберите правильную форму глагола.**

**Пример:** A: I have a Physics exam tomorrow.

B: Oh dear. Physics **is/are** a very difficult subject.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя существительное, функции и спряжение глаголов to be и to have».

**Задание 3. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Continuous, Past Continuous или Future Continuous.**

**Пример:** I **shall be studying** (study) Japanese online from 5 till 6 tomorrow evening.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

**Задание 4. Составьте вопросы к словам, выделенным жирным шрифтом.**

**Пример:** **The Petersons** have bought a dog. – *Who has bought a dog?*

The Petersons have bought **a dog**. – *What have the Petersons bought?*

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

**Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.**

**Пример:** A: You haven't seen my bag anywhere, haven't you/**have you**?

B: No. You didn't leave it in the car, **did you/didn't you**?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

### Контрольная работа

#### Вариант № 3

**Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.**

**Пример:** The University accepts around 2000 new \_\_\_\_\_ every year.

1) **students**;      2) teachers;      3) pupils;      4) groups;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

заданных тем.

**Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:**

as red as a beet (свекла), as slow as a turtle, as sweet as honey, as busy as a bee, as clumsy as a bear (неуклюжий), as black as coal, as cold as ice, as slippery as an eel (изворотливый как угорь), as free as a bird, as smooth as silk (гладкий)

**Пример:** Your friend is so unemotional, he is **as cold as ice**.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя прилагательное и наречие».

**Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.**

**Пример:** Это самая ценная картина в Русском музее. **This is the most valuable picture in Russian Museum.**

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «степени сравнения имени прилагательного и наречий».

**Задание 4. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Perfect, Past Perfect или Future Perfect.**

**Пример:** Sam **has lost** (lose) his keys. So he can't open the door.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

**Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.**

**Пример:** There are two books. The one on the table is Sue's.

- a) 'Which book is Sue's?' 'The one on the table.'
- b) 'Whose book is on the table?' 'Sue's.'

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

## **НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК**

**Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.**

**Пример:** Mein Bruder ... Arzt geworden

A. hat;    **B. ist;**    C. wird;

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Пассивный залог».

**Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.**

**Пример:** **Was** machen Sie am Wochenende?

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные местоимения».

**Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.**

**Пример:** Wo wohnen **deine** Eltern?

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные местоимения».

**Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках.**

**Пример:** **Kannst** du mir bitte die Marmelade geben? (können)

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».

**Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.**

**Пример:** Sie wohnen in Berlin.

**Ответ:** Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные предложения».*

### **ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК**

**Задание 1. Заполните пропуски в предложениях следующими предлогами: de, à, chez, dans, pour, depuis, vers, avec, devant. en.**

**Пример: Monsieur Dupont est en mission.**

*Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Предлоги».*

**Задание 2. Заполните пропуски, выберите правильно указательное прилагательное:**

**Пример: Peux-tu me passer ces dictionnaires?**

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Указательные прилагательные».*

**Задание 3. Поставьте нужный артикль или предлог там, где это необходимо:**

**Пример: C'est la salle des études.**

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Употребление слитного артикля».*

**Задание 4. Выберите правильную форму глагола:**

**Пример: Tous les matins, il s'est levé à 7 heures depuis un an.**

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Présent».*

**Задание 5. Ответьте на следующие вопросы:**

**Пример: Où passez-vous vos vacances d'été? - Je les passe en Crimée.**

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Личные местоимения le, la, les».*

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Работа с оценкой «неудовлетворительно» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

### **Выполнение работы над ошибками**

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

### **Критерии оценивания контрольной работы**

**Оценка за контрольную работу** определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Максимум 44 балла.

### **Результат контрольной работы**

*Контрольная работа оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:*

40-44 балла (90-100%) - оценка «отлично»;

31-39 балла (70-89%) - оценка «хорошо»;

22-30 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;

0-21 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».



*Образец оформления титульного листа*



**Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный университет»**

Кафедра иностранных языков и деловой коммуникации

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1**

по дисциплине  
**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК**

Специальность:  
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация № 3:  
*Геология нефти и газа*

формы обучения: очная

Выполнил: Иванов Иван Иванович  
Группа ГН-19

Преподаватель: Петров Петр Петрович,  
к.т.н, доцент

**Екатеринбург  
2019**



Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВПО  
«Уральский государственный горный  
университет»

**Е. М. Суднева**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Сборник заданий к практическим  
и самостоятельным работам*  
**по курсу «Безопасность жизнедеятельности»  
для студентов направления 130300  
«Прикладная геология»**

Екатеринбург  
2013

УДК 796.00

С 89

Рецензент: *А.В. Морозова*, доцент кафедры Геологии Уральского государственного горного университета

Сборник заданий рассмотрен на заседании кафедры геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях 29 апреля 2016 г. (протокол № 8) и рекомендован для издания в УГГУ.

**Суднева Е.М.**

С 89

Безопасность жизнедеятельности: сборник заданий к практическим и самостоятельным работам по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / Е. М. Суднева. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. - 35 с.

Данный сборник составлен в полном соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования с учетом особенностей профессиональной деятельности будущих специалистов.

Сборник включает в себя задания для самостоятельной подготовки студентов к лабораторным и практическим работам.

Данный сборник поможет студентам освоить материал изучаемой дисциплины, необходимый для успешной работы в любой области их деятельности.

Для студентов всех специальностей направления 130300 – «Прикладная геология».

© Суднева Е. М., 2013

© Уральский государственный  
горный университет, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Практикум по теме: Здоровье и окружающая среда .....	6
Практикум по теме: Чрезвычайные ситуации .....	17
Практикум по теме: Поведенческие реакции человека в экстремальных ситуациях .....	25
Акт обследования объекта и предписание.....	26
Образец оформления рабочей тетради по БЖД .....	28
Темы рефератов.....	29
Приложение .....	31

### **1. Практикум по теме:           Здоровье и окружающая среда**

В *Уставе Всемирной организации здравоохранения* говорится о высшем уровне здоровья как об одном из основных прав человека. Не менее важно право человека на информацию о тех факторах, которые определяют здоровье человека или являются факторами риска, то есть их воздействие может привести к развитию болезни.

*Здоровье* – это первая и важнейшая потребность человека, определяющая способность его к труду и обеспечивающая гармоническое развитие личности. Оно является важнейшей предпосылкой к познанию окружающего мира, к самоутверждению и счастью человека. Активная долгая жизнь – это важное слагаемое человеческого фактора.

*Здоровье* – такое состояние организма человека, когда функции всех его органов и систем уравновешены с внешней средой и отсутствуют какие-либо болезненные изменения.

Само понятие «*здоровье*» является условным и объективно устанавливается на основе антропометрических, клинических, физиологических и биохимических показателей.

По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) "*здоровье* – это состояние физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов".

Вообще, можно говорить о трех видах здоровья: о здоровье физическом, психическом и нравственном (социальном):

*Физическое здоровье* - это естественное состояние организма, обусловленное нормальным функционированием всех его органов и систем. Если хорошо работают все органы и системы, то и весь организм человека (система саморегулирующаяся) правильно функционирует и развивается.

*Психическое здоровье* зависит от состояния головного мозга, оно характеризуется уровнем и качеством мышления, развитием внимания и памяти, степенью эмоциональной устойчивости, развитием волевых качеств.

*Нравственное здоровье* определяется теми моральными принципами, которые являются основой социальной жизни человека, т.е. жизни в определенном человеческом обществе. Отличительными признаками нравственного здоровья человека являются, прежде

всего, сознательное отношение к труду, овладение сокровищами культуры, активное неприятие нравов и привычек, противоречащих нормальному образу жизни. Физически и психически здоровый человек может быть нравственным уродом, если он пренебрегает нормами морали. Поэтому социальное здоровье считается высшей мерой человеческого здоровья. Нравственно здоровым людям присущ ряд общечеловеческих качеств, которые и делают их настоящими гражданами.

Целостность человеческой личности проявляется, прежде всего, во взаимосвязи и взаимодействии психических и физических сил организма.

Состояние здоровья определяется функцией физиологических систем организма с учётом их возрастных и половых факторов, а также зависит от географических и климатических условий.

На основе этих критериев даётся формальное заключение о состоянии здоровья при наборе в армию, приёме на работу и в учебные заведения.

Состояние здоровья не исключает уже имеющегося в организме, но ещё не обнаруженного болезнетворного начала; оно не исключает также колебаний в самочувствии человека. Следовательно, хотя понятие «здоровье» и противопоставлено понятию «болезнь», но может быть связано с ним многочисленными переходными состояниями

Динамические наблюдения и периодические обследования могут констатировать границы здоровья и болезни в стартовых условиях, когда явная патология отсутствует.

Отсюда возникают понятия об объективном и субъективном здоровье, когда, с одной стороны, при плохом самочувствии отсутствуют объективные подтверждающие его данные, с другой – когда эти данные отличаются, а самочувствие остаётся до определённого времени хорошим.

Отсюда также возникает понятие «*практически здоровый человек*» – состояние, при котором объективно имеются патологические изменения, не отражающиеся на жизненном восприятии и работоспособности человека.

В понятие здоровья вкладываются не только абсолютные качественные, но и количественные признаки, т.к. существует понятие степени здоровья.

*Степень здоровья* – широта адаптивных возможностей организма, определяемая социальной средой, физической тренировкой, перенесёнными заболеваниями, трудовым навыком и т.д.

Важную роль в понятии здоровья играют и *социальные факторы*, т.к. в него входят и социальная полноценность человека. Однако социальный фактор не следует считать абсолютным, потому что социальная полноценность и общественная значимость человека далеко не всегда являются тождественными понятиями.

*Индивидуальное здоровье* не является точно детерминируемым, что связано с большой широтой индивидуальных колебаний важнейших показателей жизнедеятельности организма, а также с многообразием факторов, влияющих на него.

*Здоровье населения* – статистическое понятие, характеризующееся комплексом демографических показателей: рождаемость, смертность, детская смертность, уровень физического развития, заболеваемость, средняя продолжительность жизни и др.

Здоровье населения обеспечивает условия для роста производительности труда, улучшает качественные характеристики воспроизводства населения и трудовых ресурсов. В то же время имеет место и обратное влияние – прогресс в области экономики, науки и культуры способствует улучшению здоровья населения и страны.

Большое значение для сохранения жизни и здоровья населения имеет повышение качества оказания *медицинской помощи*. В этих целях проводится укрупнение и развитие больниц и поликлиник, совершенствование профилактических форм работы.

Одной из важных форм профилактики является *диспансеризация* населения. Это активный метод

систематического наблюдения за состоянием здоровья как практически здорового населения, так и больных, страдающих длительно протекающими хроническими заболеваниями, составляющий основу профилактического направления отечественного здравоохранения.

Одним из важнейших приобретенных по наследству свойств здорового организма является постоянство внутренней среды. Это понятие ввел французский ученый *Клод Бернар* (1813 – 1878), считавший постоянство внутренней среды условием свободной и независимой жизни человека. Внутренняя среда образовалась в процессе эволюции. Она определяется в первую очередь составом и свойствами крови и лимфы.

Постоянство внутренней среды – замечательное свойство организма, которое в какой-то мере освободило его от физических и химических влияний внешней среды. Однако это постоянство – оно называется гомеостазом – имеет свои границы, определяемые наследственностью. А потому, наследственность является одним из важнейших факторов здоровья.

Организм человека приспособлен к определенным физическим (температура, влажность, атмосферное давление), химическим (состав воздуха, воды, пищи), биологическим (разнообразные живые существа) показателям окружающей среды.

Если человек длительно находится в условиях, значительно отличающихся от тех, к которым он приспособлен, нарушается постоянство внутренней среды организма, что может повлиять на здоровье и нормальную жизнь.

В наш век человек, как и все живые организмы, подвержен внешним воздействиям, которые приводят к изменениям наследственных свойств. Эти изменения называются мутационными (мутациями). Особенно возросло количество мутаций за последнее время. Отклонения от определенных, привычных свойств окружающей среды можно отнести к факторам риска заболевания. Итак, заболеваемость и смертность связаны, прежде всего, с условиями среды и образом жизни людей.

*Здоровье и окружающая среда.*

Немаловажное значение оказывает на здоровье и состояние



окружающей среды. Каждый из нас имеет право знать обо всех экологических изменениях, происходящих и в местности, где он живет, и во всей стране. Мы должны знать все о пище, которую употребляем, о состоянии воды, которую пьем, а медики обязаны объяснить опасность жизни в зонах, зараженных радиацией.

Вмешательство человека в регулирование природных процессов не всегда приносит желаемые положительные результаты. Нарушение хотя бы одного из природных компонентов приводит, в силу существующих между ними взаимосвязей, к перестройке сложившейся структуры природно-территориальных компонентов. Загрязнение поверхности суши, гидросферы, атмосферы и Мирового океана, в свою очередь, сказывается на состоянии здоровья людей, эффект "озоновой дыры" влияет на образование злокачественных опухолей, загрязнение атмосферы на состояние дыхательных путей, а загрязнение вод – на пищеварение, резко ухудшает общее состояние здоровья человечества, снижает продолжительность жизни.

В настоящее время хозяйственная деятельность человека все чаще становится основным источником загрязнения биосферы. В природную среду во все больших количествах попадают газообразные, жидкие и твердые отходы производств. Различные химические вещества, находящиеся в отходах, попадая в почву, воздух или воду, переходят по экологическим звеньям из одной цепи в другую, попадая, в конце концов, в организм человека.

На земном шаре практически невозможно найти место, где бы не присутствовали в той или иной концентрации загрязняющие вещества. Даже во льдах Антарктиды, где нет никаких промышленных производств, а люди живут только на небольших научных станциях, ученые обнаружили различные токсичные (ядовитые) вещества современных производств. Они заносятся сюда потоками атмосферы с других континентов.

Вещества, загрязняющие природную среду, очень разнообразны. В зависимости от своей природы, концентрации, времени действия на организм человека они могут вызвать различные неблагоприятные последствия. Кратковременное воздействие небольших концентраций таких веществ может вызвать головокружение, тошноту, першение в горле, кашель. Попадание в организм человека больших концентраций токсических веществ может привести к потере

сознания, острому отравлению и даже смерти. Примером подобного действия могут являться смоги, образующиеся в крупных городах в безветренную погоду, или аварийные выбросы токсичных веществ промышленными предприятиями в атмосферу.

Реакции организма на загрязнения зависят от индивидуальных особенностей: возраста, пола, состояния здоровья. Как правило, более уязвимы дети, пожилые и престарелые, больные люди.

Кроме химических загрязнителей в природной среде встречаются и биологические, вызывающие у человека различные заболевания. Это болезнетворные микроорганизмы, вирусы, гельминты, простейшие. Они могут находиться в атмосфере, воде, почве, в теле других живых организмов, в том числе и в самом человеке.

Специфика среды обитания человека заключается в сложнейшем переплетении социальных и природных факторов. На заре человеческой истории природные факторы играли решающую роль в эволюции человека. На современного человека воздействие природных факторов в значительной степени нейтрализуется социальными факторами. В новых природных и производственных условиях человек в настоящее время нередко испытывает влияние весьма необычных, а иногда чрезмерных и жестких факторов среды, к которым эволюционно он еще не готов.

Человек, как и другие виды живых организмов, способен адаптироваться, то есть приспособливаться к условиям окружающей среды. Адаптацию человека к новым природным и производственным условиям можно охарактеризовать как совокупность социально-биологических свойств и особенностей, необходимых для устойчивого существования организма в конкретной экологической среде.

В настоящее время значительная часть болезней человека связана с ухудшением экологической обстановки в нашей среде обитания: загрязнением атмосферы, воды и почвы, недоброкачественными продуктами питания, возрастанием шума.

Приспосабливаясь к неблагоприятным экологическим условиям, организм человека испытывает состояние напряжения, утомления.

Напряжение – мобилизация всех механизмов, обеспечивающих определенную деятельность организма человека. В зависимости от величины нагрузки, степени подготовки организма, его функционально-структурных и энергетических ресурсов снижается возможность функционирования организма на заданном уровне, то есть наступает утомление.

Кроме этого, необходимо учитывать еще объективный фактор воздействия на здоровье – *наследственность*. Это присущее всем организмам свойство повторять в ряду поколений одинаковые признаки и особенности развития, способность передавать от одного поколения к другому материальные структуры клетки, содержащие программы развития из них новых особей.

Влияют на наше здоровье и биологические ритмы. Одной из важнейших особенностей процессов, протекающих в живом организме, является их ритмический характер.

В настоящее время установлено, что свыше трехсот процессов, протекающих в организме человека, подчинены суточному ритму.

*Наследственные болезни, вызванные плохой экологической обстановкой:*

Влияние солей тяжелых металлов на наследственность.

Тяжелые металлы – высокотоксичные вещества, долго сохраняющие свои ядовитые свойства. По данным Всемирной Организацией Здравоохранения, они уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы. В прогнозе же они должны стать самыми опасными, более опасными, чем отходы АЭС (второе место) и твердые отходы (третье место).

Отравление солями тяжелых металлов начинается еще до рождения человека. Соли тяжелых металлов проходят через плаценту, которая вместо того, чтобы оберегать плод, день за днем его отравляет. Нередко концентрация вредных веществ у плода даже выше, чем у матери. Младенцы появляются на свет с пороками развития мочеполовой системы, до 25 процентов малышей – с

отклонениями от нормы при формировании почек. Зачатки внутренних органов появляются уже на пятой неделе беременности и с этого момента испытывают на себе влияние солей тяжелых металлов, а поскольку они влияют и на организм матери, выводя из строя почки, печень, нервную систему, не стоит удивляться, что сейчас практически не встретишь нормальных физиологических родов, а малыши приходят в эту жизнь с недостатком веса, с физическими и психическими пороками развития.

И с каждым годом жизни соли тяжелых металлов, растворенные в воде, прибавляют им болезней или усугубляют врожденные заболевания, прежде всего органов пищеварения и почек. Нередко у одного ребенка страдают 4-6 систем в организме. Мочекаменная и желчекаменная болезни – своего рода индикатор неблагополучия, а они теперь встречаются даже у дошколят. Есть и другие тревожные сигналы. Так, превышение уровня свинца приводит к снижению интеллекта. Психологическое обследование показало, что таких детей у нас до 12 процентов.

Какие же мероприятия должны обеспечить сегодня охрану здоровья человека и среды его обитания от вредного влияния техногенных металлов? Можно обозначить два основных пути: санитарно-технический – уменьшение содержания металлов в объектах внешней среды до предельно допустимых (безопасных) уровней путем внедрения архитектурно-планировочных, технологических, технических и других мероприятий; гигиенический – научная разработка допустимых уровней содержания их во внешней среде, требований и рекомендаций в сочетании с постоянным контролем состояния и качества этой среды.

Профилактика хронических интоксикаций металлами и их соединениями должна обеспечиваться прежде всего их заменой, где это возможно, на безвредные или менее токсичные вещества. В случаях же, когда не представляется реальным исключить их применение, необходима разработка таких технологических схем и конструкций, которые бы резко ограничивали возможность загрязнения ими воздуха производственных помещений и наружной атмосферы. В отношении транспорта, являющегося, как об этом было сказано выше, одним из значительных источников выброса свинца в атмосферу, следует повсеместно внедрять экологически чистое

горючее. Весьма радикальным средством является создание безотходных или малоотходных технологий.

Наряду с указанными выше мероприятиями необходимо постоянное осуществление эффективного контроля над уровнем содержания металлов в организме. С этой целью при медицинском обследовании работающих и населения в случаях их контакта с техногенными металлами должно проводиться определение их в биологических средах организма крови, моче, волосах.

#### *Краткая характеристика экологической обстановки в России*

Из всех предприятий России, выбрасывающих вредные вещества в атмосферу и водоемы – 33% дают предприятия металлургии, 29% – энергетические объекты, 7% – химические, 8% – угольной промышленности. Более половины выбросов приходится на транспорт. Особенно тяжелая обстановка складывается в городах, где велика концентрация населения. В России определены 55 городов, в которых уровень загрязнения очень велик. Ежегодно в нашей стране улавливается и обезвреживается лишь около 76 % общего количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу. Значительно хуже дело обстоит с очисткой сточных вод: 82% сбрасываемых вод не подвергается очистке. Реки Волга, Дон, Енисей, Лена, Кубань, Печора загрязнены органикой, соединениями азота, тяжелыми металлами, фенолами, нефтепродуктами. В настоящее время свыше 70 миллионов человек дышат воздухом, насыщенным опасными для здоровья веществами, в пять и более раз превышающими предельно допустимые концентрации (ПДК). В окружающую среду человеком введено около 4 миллионов химических соединений, из которых лишь немногие изучены на токсическое воздействие.

В России имеется около 30 тысяч предприятий и объектов, использующих радиоактивные вещества и изделия на их основе.

Большой урон экосистемам на территории России нанесен ядерными испытаниями. На полигонах Новой Земли произвели 118 поверхностных и подземных ядерных взрывов – их последствия выяснены не до конца.

#### *Санитарно-эпидемиологическая обстановка в РФ*

XX век породил неоправданный оптимизм в отношении того,

что с инфекционными болезнями в скором времени будет покончено. Однако события последних десятилетий показали, что в мире резко активизировались такие инфекции, как туберкулёз, малярия, которые становятся основной причиной смертности; как в России, так и в других странах вновь заявляет о себе дифтерия.

Эпидемиологическая ситуация, сложившаяся в последние годы, остаётся напряжённой. Ежегодно в РФ регистрируется от 33 до 44 миллионов случаев инфекционных заболеваний.

Одной из самых актуальных медицинских и социально-экономических проблем остаётся грипп и ОРВИ.

В РФ (в отличие от ведущих стран мира) до настоящего времени отсутствует производство отечественной вакцины против краснухи. В этих условиях краснуха остаётся неуправляемой инфекцией с возникновением каждые 10 - 12 лет эпидемий. Во время эпидемий краснуха может стать причиной уродств более чем у 2% детей, родившихся живыми.

Динамика заболеваемости почти по всей группе кишечных инфекций в истекшем году имела тенденцию к снижению. Стабилизировалась заболеваемость сальмонеллёзом, острой кишечной инфекцией неустановленной этиологии, ротавирусным инфекционным кампиллобактериозом. Однако ежегодно в стране регистрируется до 100 вспышек кишечных инфекций пищевого и водного характера.

Серьёзной проблемой здравоохранения продолжают оставаться вирусные гепатиты, наносящие ущерб как здоровью населения, так и экономике страны.

Особенно тяжёлое положение складывается по социально обусловленным заболеваниям. Стремительность нарастания масштабов пандемии заболевания, вызываемого вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ-инфекции), в мире, отсутствие надёжных средств профилактики и лечения позволяет отнести эту проблему к одной из самых острых

Состояние здоровья детей, проживающих в городах и населённых пунктах с высоким уровнем загрязнения

атмосферного воздуха (Подольск, Ярославль, Воскресенск, Новокузнецк, Салават, Пермь, Казань, Мончегорск) характеризуется значительным снижением неспецифической сопротивляемости организма к развитию инфекционных и других заболеваний.

Проблема многих населенных пунктов – наличие многочисленных мобильных и стационарных источников шума. Более 30% жителей городов РФ подвержены действию сверхнормативных уровней шума и вибрации.

Безопасность и качество пищевых продуктов и продовольственного сырья является одним из основных факторов, определяющих здоровье населения и сохранение его генофонда. Более 5% продукции не отвечает гигиеническим требованиям по содержанию антибиотиков, что влияет также на аллергизацию населения, прежде всего детей.

Негативное влияние на состояние здоровья оказывают также неблагоприятные условия труда, повышающие риск появления профессиональной патологии.

#### ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОКЛАДА:

*Здоровье населения России.*

*Здоровье населения Свердловской области.*

*Здоровье жителей города Екатеринбурга.*

План:

1. Месторасположение населенного пункта
2. Демография
3. Состояние техносферной, природной, социальной среды области (города)
4. Здравоохранение (заболеваемость взрослых и детей)

## **2. Практикум по теме: Чрезвычайные ситуации**

*Чрезвычайная ситуация (ЧС)* – обстановка на определенной

территории, акватории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, стихийного бедствия, эпидемии, эпизоотии, эпифитотии, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение жизнедеятельности людей.

*Эпидемия* – распространение какой-либо инфекционной болезни человека, значительно превышающее уровень обычной (спорадической) заболеваемости на данной территории.

*Эпизоотия* – широкомасштабное распространение инфекционной болезни среди одного или многих видов животных на определённой территории, значительно превышающее уровень заболеваемости, обычно регистрируемый на данной территории.

*Эпифитотия* – массовое развитие инфекционной болезни растений на значительной территории в определённый период.

«О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 мая 2007 года № 304 г. Москва.

Во исполнение Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Установить, что чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера подразделяются на:

а) чрезвычайную ситуацию локального характера, в результате которой территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей (далее – *зона чрезвычайной ситуации*), не выходит за пределы территории объекта, при этом количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью (далее – *количество пострадавших*), составляет не более 10 человек, либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (далее – *размер материального ущерба*) составляет не более 100 тыс. рублей;

б) чрезвычайную ситуацию муниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения, при этом количество



пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей, а также данная чрезвычайная ситуация не может быть отнесена к чрезвычайной ситуации локального характера;

в) чрезвычайную ситуацию межмуниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей;

г) чрезвычайную ситуацию регионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного субъекта Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

д) чрезвычайную ситуацию межрегионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

е) чрезвычайную ситуацию федерального характера, в результате которой количество пострадавших составляет свыше 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 500 млн. рублей».

**Задание:** выбрать чрезвычайную ситуацию техногенного, природного или биолого-социального характера, данные внести в таблицу № 1. Код ЧС смотреть в приложении № 1.

Таблица № 1

**Формы статистического учета данных о чрезвычайных ситуациях.  
*Техногенные чрезвычайные ситуации (форма № 7/ЧС)***

№ п/п	Наименование показателей	Показатели
1	Классификация ЧС	
2	Код ЧС	
3	Дата возникновения ЧС	
	Дата ликвидации ЧС	
4	Время возникновения ЧС:	
	московское (час, мин.)	
	местное (час, мин.)	
5	Место: страна	
	субъект Федерации	
	город	
	населенный пункт	
6	Общая площадь зоны ЧС (кв.км.)	
7	Объект экономики (наименование)	
	отрасль	
	министерство (ведомство)	
	форма собственности	
8	Номер лицензии, дата и кем выдана	
	Дата утверждения декларации, кем утверждена	
	Номер страхового документа, дата, кем выдан	
9	Метеоданные: температура (град)	
	направление и скорость ветра (м/с)	
	влажность (%)	
	осадки (вид, количество)	
10	Причины возникновения ЧС	
11	Поражающие факторы источника ЧС	
12	Основные характеристики ЧС	
13	Мероприятия по ликвидации ЧС:	
	аварийно-спасательные работы (перечень/длительность, час)	
	аварийно-восстановительные работы (перечень/длительность час)	
14	Силы и средства, задействованные в ликвидации ЧС:	
	личный состав РСЧС	
	наименование/количество чел.	
	техника наименование/количество ед.	
	материальные ресурсы перечень/количество	
15	Работы по организации защиты населения:	
	инженерная защита:	
	укрытие в защитных сооружениях различных типов, (чел.)	
	радиационно-химическая защита:	
	выдано средств индивидуальной защиты (чел.)	
	медицинская защита:	

	население которому была оказана медицинская помощь (чел.)	
	госпитализировано (чел.)	
	в т.ч. детей до 14 лет, (чел.)	
	эвакуационные мероприятия:	
	всего эвакуировано из зоны ЧС, (чел.)	
	в том числе:	
	автомобильным транс-ом (чел.)	
	железнодорожным транс-ом (чел.)	
	авиационным транс-ом (чел.)	
	морским (речным) транс-ом (чел.)	
	транспортные средства эвакуации, кол-во единиц, по видам	
	расчетное время на проведение эвакуации (час, мин.)	
	районы размещения эвакуируемого населения	
16	Состояние зданий и сооружений, ед.:	
	разрушено всего	
	повреждено всего	
	уничтожено всего	
17	Нанесенный материальный ущерб, (тыс. (млн.) руб.)	
18	Потери, чел. пострадавшие/пораженные/погибшие	
	население:	
	дети до 14 лет	
	взрослые от 14 до 60 лет	
	старше 60 лет	
	промперсонал	
	личный состав сил РСЧС	
19	Дополнительная текстовая информация	
20	Мероприятия по предупреждению ЧС	

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г. \_\_\_\_\_

(фамилия, И.О. № телефона и  
и подпись исполнителя)

(фамилия, И., О., № телефона  
и подпись руководителя)

## *Природные чрезвычайные ситуации (форма № 8/ЧС)*

№ п/п	Наименование показателей	Показатели
1	Классификация ЧС	
2	Код ЧС	
3	Дата возникновения ЧС	
	Дата ликвидации ЧС	
4	Время возникновения ЧС:	
	московское (час, мин.)	
	местное (час, мин.)	
5	Место: страна	
	субъект Федерации	
	город	
	населенный пункт	
6	Общая площадь зоны ЧС (кв.км.)	
7	Метеоданные: температура (град)	
	направление и скорость ветра (м/с)	
	влажность (%)	
	осадки (вид, количество)	
8	Причины возникновения ЧС	
9	Поражающие факторы источника ЧС	
10	Основные характеристики ЧС	
11	Мероприятия по ликвидации ЧС:	
	аварийно-спасательные работы (перечень/длительность, час)	
	аварийно-восстановительные работы (перечень/длительность час)	
12	Силы и средства, задействованные в ликвидации ЧС:	
	личный состав РСЧС (наименование/количество чел.)	
	техника (наименование/количество ед.)	
	расход материальных ресурсов (перечень/количество израсходованных)	
13	Работы по организации защиты населения:	
	инженерная защита:	
	укрытие в защитных сооружениях различных типов, (чел.)	
	радиационно-химическая защита:	
	выдано средств индивидуальной защиты чел.)	
	медицинская защита:	
	население которому была оказана меди- цинская помощь (чел.)	
	госпитализировано (чел.)	

	в т.ч. детей до 14 лет, (чел.)	
	эвакуационные мероприятия:	
	всего эвакуировано из зоны ЧС, (чел.)	
	в том числе:	
	автомобильным транспортом (чел.)	
	железнодорожным транспортом (чел.)	
	авиационным транспортом (чел.)	
	морским (речным) транспортом (чел.)	
	транспортные средства эвакуации, кол-во единиц, по видам	
	расчетное время на проведение эвакуации (час, мин.)	
	районы размещения эвакуируемого населения	
14	Состояние зданий и сооружений, ед.:	
	разрушено всего	
	повреждено всего	
	уничтожено огнем всего	
15	Нанесенный материальный ущерб, (тыс. (млн.) руб.)	
16	Потери, чел.	
	пострадавшие/пораженные/погибшие население:	
	дети до 14 лет	
	взрослые от 14 до 60 лет	
	старше 60 лет	
	промпersoнал	
	личный состав сил РСЧС	
17	Сельскохозяйственные животные:	
	погибло (тыс. голов)	
	эвакуировано из опасных зон (тыс. голов)	
	вынужденный забой (тыс. голов)	
18	Уничтожено сельскохозяйственных угодий (тыс.га)	
19	Дополнительная текстовая информация	
20	Мероприятия по предупреждению ЧС	

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(фамилия, И. О., № телефона и  
и подпись исполнителя)

\_\_\_\_\_  
(фамилия, И. О., № телефона  
и подпись руководителя)

## *Биолого-социальные чрезвычайные ситуации (форма № 9 ЧС)*

№ п/п	Наименование показателей	Показатели
1	Классификация ЧС	
2	Код ЧС	
3	Дата возникновения ЧС	
	Дата ликвидации ЧС	
4	Место, страна	
	субъект Федерации	
	город	
	населенный пункт	
5	Общая площадь зоны ЧС (кв. км.)	
6	Метеоданные: температура (град)	
	направление и скорость ветра (м/с)	
	влажность (%)	
	осадки (вид, количество)	
7	Причины возникновения ЧС	
8	Вид бактериального средства, возбудитель	
9	Основные характеристики ЧС:	
9.1	эпидемия:	
	выявлено заболевших (чел.)	
	в том числе детей до 14 лет	
	госпитализировано (чел.)	
	в том числе детей до 14 лет	
	умерло (чел.)	
	в том числе детей до 14 лет	
9.2	эпизоотия:	
	всего по учету (тыс.голов)	
	выявлено заболевших (тыс. голов)	
	из них погибло (тыс. голов)	
9.3	эпифитотия:	
	всего по учету (тыс. га)	
	потери всего (тыс. га)	
10	Мероприятия по ликвидации ЧС:	
10.1	противоэпидемические:	
	эвакуировано из опасных зон (чел.)	
	организована обсервация	
	введен карантин	
10.2	противоэпизоотические:	
	эвакуировано из опасных зон (тыс. голов)	
	оказана ветеринарная помощь (тыс. голов)	
10.3	противоэпифитотические:	
	обработано зараженных с/х культур (мест скопления вредителей) (тыс. га)	
11	Силы и средства, участвовавшие в ликвидации ЧС:	
	личный состав РСЧС	
	наименование/количество чел.)	

	техника (наименование количество ед.)	
	расход материальных ресурсов (перечень/количество израсходованных)	
12	Нанесенный материальный ущерб, (тыс. млн.) руб.)	
13	Дополнительная текстовая информация	
14	Мероприятия по предупреждению ЧС	

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(фамилия, И., О., № телефона и  
и подпись исполнителя)

\_\_\_\_\_  
(фамилия, И., О., № телефона  
и подпись руководителя)

### **3. Практикум по теме: Поведенческие реакции человека в экстремальных ситуациях**

Экстремальная ситуация – это такое усложнение условий жизни и деятельности, которое приобрело для личности, группы особую значимость. Любая ситуация предполагает включенность в нее субъекта. Поэтому экстремальная ситуация воплощает в себе единство объективного и субъективного. Объективное — это крайне усложненные внешние условия и процесс деятельности; субъективное — психологическое состояние, установки, способы действий в резко изменившихся обстоятельствах. Экстремальная ситуация может иметь разные формы проявления: а) понижение организованности поведения; б) – торможение действий и движения; в) повышение эффективности деятельности. Экстремальная ситуация может быть скоропреходящей или длительной. При определении пригодности человека к той или иной профессии необходимо определить и учитывать, наряду с особенностями психических процессов и свойств личности, его потенциальную возможность вырабатывать и сохранять готовность к активным действиям в экстремальных ситуациях.

#### **Задание по Экстремальной ситуации:**

План (на примере прохождения практики в окрестностях города Сухой Лог):

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. Адаптационный синдром (место, условия проживания).
3. Воздействие окружающей среды на биохимическое состояние человека.
4. Физиологическое состояние (заболевание индивида и окружающих, какое было заболевание, чем лечились, какова была реакция на укус клеща).
5. Умственная и физическая работоспособность.
6. Отъезд.



#### 4. Акт обследования объекта и предписание

Образец

Акт-предписание N \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(наименование проверяемой организации  
или индивидуального предпринимателя и  
вышестоящей организации)

\_\_\_\_\_  
(должность, Ф.И.О. представителя  
юридического лица или представителя  
индивидуального предпринимателя)

Мною, государственным инспектором по энергетическому надзору Управления государственного энергетического надзора \_\_\_\_\_ комиссией в составе: \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество, должность)

на основании распоряжения (приказа) органа государственного энергетического надзора \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г N \_\_\_\_\_

в присутствии \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, имя, отчество)

в период с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ 2000 г. проведена проверка

\_\_\_\_\_  
(вид проверки)

\_\_\_\_\_  
(наименование проверяемой организации)  
по теме \_\_\_\_\_

Краткая характеристика установленного оборудования, характеристика сетей:

В результате проведенной проверки установлено:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

### Предписание

В порядке государственного энергетического надзора предлагается выполнить следующие мероприятия по устранению выявленных нарушений:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Срок исполнения \_\_\_\_\_

### Выводы:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

Информацию о выполнении настоящего акта-предписания представлять

\_\_\_\_\_ (Куда, кому, срок и порядок представления)

Инспектор  
(старший группы, председатель комиссии,  
члены комиссии)

(личный штамп) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

При проверке присутствовали:

\_\_\_\_\_ (должность)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Акт-предписание ( \_\_\_\_\_ экз.) для исполнения получил:

\_\_\_\_\_ (руководитель  
проверяемой организации)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рег. N \_\_\_\_\_

## 5. Образец оформления титульного листа рабочей тетради по БЖД

Практика:

ЧС	тЭС	коп	Риск р	Риск п	Отравления	Термические поражения	Десмургия	шмп	Акт обследования	ГОЧС	отчеты			реферат
											город	ЧС	ЭС	

Теория:

Медицина, БЖД	ЧС	Риск, несчастные случаи, ошибки	Техногенные опасности	Природные опасности
---------------	----	---------------------------------	-----------------------	---------------------

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Автономное выживание человека в природной среде
2. Обеспечение безопасности в геологии
3. Обеспечение безопасности на предприятии горно-добывающей промышленности
4. Обеспечение безопасности на промышленно опасных объектах
5. Психология поведения людей в мультипликативных ЧС (на примере природных и техногенных ЧС)
6. Методы психофизиологической коррекции пострадавших в ЧС
7. Поведенческие реакции человека в ЧС (на примере стихийных бедствий)
8. Психология выживания в ЧС (на примере природных и техногенных ЧС)
9. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на предприятии по обогащению урана
10. Научно-технический прогресс и безопасность труда
11. Производственный травматизм в России
12. Радиоактивные излучения как источник информации о предприятиях атомной промышленности и их продукции
13. Расследование и учет нарушений при обращении с радиационными источниками и радиоактивными веществами в России
14. Влияние электромагнитных излучений на организм человека и способы борьбы с ними
15. Вопросы совершенствования оценки травмобезопасности рабочих мест при их аттестации по условиям труда
16. Обеспечение пожарной безопасности на производственном объекте
17. Обеспечение пожарной безопасности на геологическом предприятии
18. Назначение и классификация защитных сооружений
19. Влияние изменений окружающей среды на здоровье человека
20. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на ЖД транспорте

21. Безопасность жизнедеятельности на предприятиях повышенной опасности
22. Инженерная психология
23. Защита окружающей среды от подвижных источников выбросов
24. Выживание в экстремальных ситуациях
25. Разработка стандарта рабочего места
26. Поведение человека в аварийных ситуациях
27. Обеспечение безопасности жизнедеятельности при эпизоотии, эпидемии, эпифитотии
28. Последствия техногенного последствия на биосферу
29. Воздействие производственных вибрации и шума на организм человека
30. Законодательное и нормативно-правовое обеспечение безопасности жизнедеятельности
31. Информационно- психологическая безопасность
32. Основные угрозы экономической безопасности РФ
33. Психологические свойства личности и воздействие различных видов трудовой деятельности на исполнителей

Перечень чрезвычайных ситуаций, подлежащих государственному  
статистическому учету

Наименование источника ЧС	Код ЧС
I. Техногенные чрезвычайные ситуации	10000
1.1. Транспортные аварии (катастрофы)	10100
1.1.1. Аварии грузовых поездов	10101
1.1.2. Аварии пассажирских поездов и поездов метрополитена	10102
1.1.3. Аварии грузовых судов и флота рыбной промышленности	10103
1.1.4 Аварии (катастрофы) пассажирских судов	10104
1.1.5. Авиационные катастрофы в аэропортах и населенных пунктах	10105
1.1.6. Авиационные катастрофы вне аэропортов и населенных пунктов	10106
1.1.7 Аварии (катастрофы) на автодорогах (крупные автомобильные катастрофы)	10107
1.1.8. Аварии транспорта на мостах, в тоннелях, горных выработках, на железнодорожных переездах.	10108
1.1.9. Аварии на магистральных трубопроводах	10109
1.1.10. Аварии на внутрипромысловых нефтепроводах	10110
1.1.11. Аварии с плавучими буровыми установками и буровыми судами	10111
1.2. Пожары и взрывы (с возможным последующим горением)	10200
1.2.1. Пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов	10201
1.2.2. Пожары (взрывы) на объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ.	10202
1.2.3. Пожары (взрывы) на транспорте и судах рыбной промышленности	10203
1.2.4. Пожары (взрывы) в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах.	10204
1.2.5. Пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового, культурного назначения.	10205
1.2.6. Обнаружение неразорвавшихся боеприпасов	10206
1.2.7. Обнаружение, утрата взрывчатых веществ (боеприпасов)	10207
1.2.8. Пожары (взрывы) на магистральных газонефтепродуктопроводах	10208

1.3. Аварии с выбросом (угрозой выброса ( аварийно химически опасных веществ (АХОВ)	10300
1.3.1. Аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ при их производстве, переработке или хранении (захоронении)	10301
1.3.2. Аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) АХОВ	10302
1.3.3. Образование и распространение АХОВ в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии	10303
1.3.4. Аварии с боевыми отравляющими веществами	10304
1.3.5. Обнаружение (утрата) источников АХОВ	10305
1.3.6. Внезапные выбросы метана, углекислого газа и других ядовитых веществ и газов	10306
1.3.7. Выбросы на нефтяных и газовых месторождениях (открытые фонтаны нефти и газа)	10307
1.4. Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ (РВ)	10400
1.4.1. Аварии на АЭС, атомных энергетических установках производственного и научно-исследовательского назначения с выбросом (угрозой выброса) РВ	10401
1.4.2. Аварии с выбросом (угрозой выброса) РВ на предприятиях ядерно-топливного цикла	10402
1.4.3. Аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом РВ на борту	10403
1.4.4. Аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах с выбросом (угрозой выброса) РВ	10404
1.4.5. Аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения, эксплуатации, уничтожения или при транспортировке.	10405
1.4.6. Обнаружение (утрата) источников ионизирующих излучений	10406
1.5. Аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных биологических веществ (ОБВ)	10500
1.5.1. Аварии с выбросом (угрозой выброса) ОБВ на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях)	10501
1.5.2. Аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) ОБВ	10502
1.5.3. Обнаружение (утрата) ОБВ	10503
1.6. Внезапное обрушение зданий, сооружений, пород	10600
1.6.1. Обрушение элементов транспортных коммуникаций	10601
1.6.2. Обрушение производственных зданий и сооружений	10602
1.6.3. Обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения	10603
1.6.4. Обрушение пород и полезных ископаемых в горных выработках, включая карьеры.	10604

1.6.5. Авария на подземном сооружении	10605
1.7. Аварии в электроэнергетических системах	10700
1.7.1. Аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения потребителей	10701
1.7.2. Аварии в электроэнергетических системах (сетях) с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий	10702
1.7.3. Выход из строя транспортных электрических контактных сетей	10703
1.8. Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	10800
1.8.1. Аварии на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ	10801
1.8.2. Аварии в системах снабжения населения питьевой водой	10802
1.8.3. Аварии на тепловых сетях ( системах горячего водоснабжения) в холодное время года	10803
1.8.4. Аварии на коммунальных газопроводах	10804
1.9. Аварии на очистных сооружениях	10900
1.9.1. Аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ	10901
1.9.2. Аварии на промышленных установках по очистке газов ( массовый выброс загрязняющих веществ)	10902
1.10. Гидродинамические аварии	11000
1.10.1. Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек, др) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений	11001
1.10.2. Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др) с образованием прорывного паводка	11002
1.10.3. Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др), повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях	11003
1.10.4. Прорывы плывунов, пульпы и глинистой массы, а также затопление водой действующих горных выработок при разработке полезных ископаемых	11004
1.10.5. Размыв береговой полосы штормовыми нагонами	11005
2. Природные чрезвычайные ситуации	20000
2.1. Опасные геофизические явления	20100
2.1.1. Землетрясения	20101
2.1.2. Извержения вулканов	20102
2.2. Опасные геологические явления	20103
2.2.1. Оползни	20201
2.2.2. Сели	20202
2.2.3. Обвалы, осыпи	20203
2.2.4. Склоновой смыв	20204



2.2.5. Просадка лессовых пород	20205
2.2.6. Каретовая просадка (провал) земной поверхности	20206
2.2.7. Абразия, эрозия	20207
2.2.8. Лурумы	20208
2.2.9. Повышение уровня грунтовых вод	20209
2.3. Опасные метеорологические (агрометеорологические) явления	20300
2.3.1. Бури (9-11 баллов)	20301
2.3.2. Ураганы (12-15 баллов)	20302
2.3.3. Смерчи, торнадо	20303
2.3.4. Шквалы	20304
2.3.5. Вертикальные вихри	20305
2.3.6. Крупный град	20306
2.3.7. Сильный дождь (ливень)	20307
2.3.8. Сильный снегопад	20308
2.3.9. Сильный гололед	20309
2.3.10. Сильный мороз	20310
2.3.11. Сильная метель	20311
2.3.12. Сильная жара	20312
2.3.13. Сильный туман	20313
2.3.14. Засуха	20314
2.3.15. Суховей	20315
2.3.16. Заморозки	20316
2.3.17. Лавины	20317
2.3.18. Пыльные бури	20318
2.4. Морские опасные гидрологические явления	20400
2.4.1. Тропические циклоны ( тайфуны)	20401
2.4.2. Цунами	20402
2.4.3. Сильное волнение ( 5 баллов и более)	20403
2.4.4. Сильное колебание уровня моря	20404
2.4.5. Сильный тягун в портах	20405
2.4.6. Ранний ледяной покров и припай	20406
2.4.7. Напор льдов, интенсивный дрейф льдов	20407
2.4.8. Непроходимый (труднопроходимый) лед	20408
2.4.9. Обледенение судов и портовых сооружений	20409
2.4.10. Отрыв прибрежных льдов	20410
2.4.11. Затирание плавсредств и их гибель напором льда	20411
2.5. Опасные гидрологические явления	20500
2.5.1. Высокие уровни воды (наводнения, половодье, дождевые паводки, заторы, ветровые нагоны)	20501
2.5.2. Низкие уровни вод	20502
2.5.3. Ранний ледостав	20503
2.6. Природные пожары	20600

2.6.1. Лесные пожары	20601
2.6.2. Пожары степных и хлебных массивов	20602
2.6.3. Торфяные пожары	20603
2.6.4. Подземные пожары горючих ископаемых	20604
3. Биолого-социальные чрезвычайные ситуации	30000
3.1. Инфекционная заболеваемость людей	30100
3.1.1. Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний	30101
3.1.2. Групповые случаи опасных инфекционных заболеваний	30102
3.1.3. Эпидемическая вспышка особо опасных инфекционных заболеваний	30103
3.1.4. Эпидемия	30104
3.1.5. Пандемия	30105
3.1.6. Инфекционные заболевания людей невыявленной этиологии	30106
3.2. Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных	30200
3.2.1. Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний	30201
3.2.2. Энзоотия	30202
3.2.3. Эпизоотии	30203
3.2.4. Панзоотии	30204
3.2.5. Инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных и водных организмов (гидробионтов) невыявленной этиологии	30205
3.2.6. Инфекционные заболевания водных животных и гидробионтов	30206
3.3. Поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями	30300
3.3.1. Прогрессирующая эпифитотия	30301
3.3.2. Панфитотия	30302
3.3.3. Болезни сельскохозяйственных растений невыявленной этиологии	30303
3.3.4. Массовое распространение вредителей растений	30304

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой,

 Д.Ф. Шулиманов

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

*по дисциплине*  
**ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ**

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобен на заседании кафедры

*Физической культуры*

*(название кафедры)*

Протокол № 1 от 29.09.2021

*(Дата)*

Екатеринбург  
2021

## Содержание

Цели и задачи дисциплины .....	3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы .....	3
Требования к оформлению контрольной работы .....	3
Содержание контрольной работы.....	3
Выполнение работы над ошибками.....	9
Критерии оценивания контрольной работы .....	9
Образец титульного листа .....	10

### 1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

### 3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен 1 вариант контрольной работы.

#### Содержание контрольной работы

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и

		кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и

		экономичность дыхания и кровообращения. Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) равной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддерживать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма

21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	<p>А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма</p> <p>Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии</p> <p>В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма</p> <p>Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям</p>
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	<p>А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения</p> <p>Б) это обусловлено необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся.</p> <p>В) выделение частей в уроке требует Министерства образования России</p> <p>Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них</p>
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышением частоты шагов. 6. Прыжки. 7. Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	<p>А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</p> <p>Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4</p> <p>В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4</p> <p>Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4</p>
24	Под силой как физическим качеством понимается:	<p>А) способность поднимать тяжелые предметы</p> <p>Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений</p> <p>В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений</p> <p>Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.</p>
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	<p>А) 1, 2, 5, 4, 3, 6</p> <p>Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5</p> <p>В) 2, 6, 4, 5, 3, 1</p> <p>Г) 2, 1, 3, 4, 5, 6</p>
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	<p>А) 1, 2, 3, 4</p> <p>Б) 2, 3, 1, 4</p> <p>В) 3, 2, 4, 1</p> <p>Г) 4, 2, 3, 1</p>



27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	<p>А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы</p> <p>Б) упражнения, способствующие снижению массы тела</p> <p>В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки</p> <p>Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений</p>
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	<p>А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц</p> <p>Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы</p> <p>В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений</p> <p>Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе</p>
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	<p>А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью</p> <p>Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени</p> <p>В) способность быстро набирать скорость</p> <p>Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой</p>
30	Для развития быстроты используют:	<p>А) подвижные и спортивные игры</p> <p>Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции</p> <p>В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений</p> <p>Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью</p>
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	<p>А) подвижных и спортивных игр</p> <p>Б) челночного бега</p> <p>В) прыжков в высоту</p> <p>Г) метаний</p>
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	<p>А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона</p> <p>Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений.</p> <p>В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев</p> <p>Г) эластичность мышц и связок</p>
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	<p>А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений</p> <p>Б) выполняются 12-16 циклов движения</p> <p>В) упражнения выполняются до появления пота</p> <p>Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений</p>
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения.	<p>А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7</p> <p>Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1</p> <p>В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6</p> <p>Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1</p>

	Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6. Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	<p>А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах</p> <p>Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах</p> <p>В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленном суставах</p> <p>Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов</p>
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	<p>А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки</p> <p>Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению</p> <p>В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь</p> <p>Г) способность сохранять заданные параметры работы</p>
37	Выносливость человека не зависит от:	<p>А) функциональных возможностей систем энергообеспечения</p> <p>Б) быстроты двигательной реакции</p> <p>В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть</p> <p>Г) силы мышц</p>
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	<p>А) максимальная активность систем энергообеспечения</p> <p>Б) умеренная интенсивность</p> <p>В) максимальная интенсивность</p> <p>Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата</p>
39	Техникой физических упражнений принято называть	<p>А) способ целесообразного решения двигательной задачи</p> <p>Б) способ организации движений при выполнении упражнений</p> <p>В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений</p> <p>Г) рациональную организацию двигательных действий</p>
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	<p>А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия</p> <p>Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие</p> <p>В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи</p> <p>Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи</p>
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного	<p>А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы</p> <p>Б) сложности основы техники</p>

	упражнения. Выбор метода зависит от	В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробега отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

#### **Выполнение работы над ошибками**

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

#### **Критерии оценивания контрольной работы**

**Оценка за контрольную работу** определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

#### **Результат контрольной работы**

*Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:*

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

*Образец оформления титульного листа*



Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

## **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

по дисциплине  
**ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ**

Выполнил: Иванов Иван Иванович  
Группа \_\_\_\_\_

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург  
2020



## Содержание

Цели и задачи дисциплины .....	3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы .....	3
Требования к оформлению теста .....	3
Содержание теста.....	3
Содержание опроса.....	9
Выполнение работы над ошибками.....	11

### Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

### Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

### Требования к оформлению теста

Задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен, тест, вопросы для проведения опроса.

### Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность

		<p>В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений</p> <p>Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом</p>
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	<p>А) физических и психических качеств людей</p> <p>Б) техники двигательных действий</p> <p>В) работоспособности человека</p> <p>Г) природных физических свойств человека</p>
5	Отличительным признаком физической культуры является:	<p>А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям</p> <p>Б) физическое совершенство</p> <p>В) выполнение физических упражнений</p> <p>Г) занятия в форме уроков</p>
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	<p>А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества</p> <p>Б) общим принципам образования и воспитания</p> <p>В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания</p> <p>Г) принципам обучения</p>
7	Физическими упражнениями называются:	<p>А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье</p> <p>Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения</p> <p>В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики</p> <p>Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания</p>
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	<p>А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия</p> <p>Б) величиной их воздействия на организм</p> <p>В) временем и количеством повторений двигательных действий</p> <p>Г) напряжением отдельных мышечных групп</p>
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	<p>А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий</p> <p>Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей</p> <p>В) утомлением, возникающим при их выполнении</p> <p>Г) частотой сердечных сокращений</p>
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	<p>А) мала и ее следует увеличить</p> <p>Б) переносится организмом относительно легко</p> <p>В) достаточно большая и ее можно повторить</p> <p>Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить</p>
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	<p>А) 120-130 уд/мин</p> <p>Б) 130-140 уд/мин</p> <p>В) 140-150 уд/мин</p> <p>Г) свыше 150 уд/мин</p>
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	<p>А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости</p> <p>Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации</p> <p>В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.</p>



		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) равной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддерживать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма
21	Систематические и грамотно	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений

	организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерства образования России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышением частоты шагов. 6. Прыжки. 7. Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2, 1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2, 3, 1, 4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4, 2, 3, 1

27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	<p>А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы</p> <p>Б) упражнения, способствующие снижению массы тела</p> <p>В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки</p> <p>Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений</p>
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	<p>А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходить к упражнениям, нагружающим другую группу мышц</p> <p>Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы</p> <p>В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений</p> <p>Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе</p>
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	<p>А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью</p> <p>Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени</p> <p>В) способность быстро набирать скорость</p> <p>Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой</p>
30	Для развития быстроты используют:	<p>А) подвижные и спортивные игры</p> <p>Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции</p> <p>В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений</p> <p>Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью</p>
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	<p>А) подвижных и спортивных игр</p> <p>Б) челночного бега</p> <p>В) прыжков в высоту</p> <p>Г) метаний</p>
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	<p>А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона</p> <p>Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений.</p> <p>В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев</p> <p>Г) эластичность мышц и связок</p>
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	<p>А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений</p> <p>Б) выполняются 12-16 циклов движения</p> <p>В) упражнения выполняются до появления пота</p> <p>Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений</p>
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную	<p>А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7</p> <p>Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1</p> <p>В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6</p> <p>Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1</p>

	последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6. Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	<p>А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах</p> <p>Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах</p> <p>В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленном суставах</p> <p>Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов</p>
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	<p>А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки</p> <p>Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению</p> <p>В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь</p> <p>Г) способность сохранять заданные параметры работы</p>
37	Выносливость человека не зависит от:	<p>А) функциональных возможностей систем энергообеспечения</p> <p>Б) быстроты двигательной реакции</p> <p>В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть</p> <p>Г) силы мышц</p>
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	<p>А) максимальная активность систем энергообеспечения</p> <p>Б) умеренная интенсивность</p> <p>В) максимальная интенсивность</p> <p>Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата</p>
39	Техникой физических упражнений принято называть	<p>А) способ целесообразного решения двигательной задачи</p> <p>Б) способ организации движений при выполнении упражнений</p> <p>В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений</p> <p>Г) рациональную организацию двигательных действий</p>
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	<p>А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия</p> <p>Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие</p> <p>В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи</p> <p>Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи</p>
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	<p>А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы</p> <p>Б) сложности основы техники</p> <p>В) количества элементов, составляющих двигательное</p>

		действие Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

### Критерии оценивания теста

**Оценка за тест** определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

### Результат теста

*Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:*

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.
13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.
16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.

20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.
24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.
25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.
73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.
76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.

81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.
86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.
87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
91. Студенческие спортивные соревнования.
92. Студенческие спортивные организации.
93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

### **Выполнение работы над ошибками**

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данного теста. Тесты, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



Проректор по учебно-методическому комплексу \_\_\_\_\_ С.А. Бондарев

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

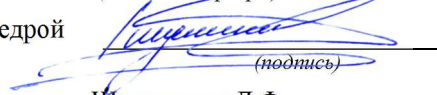
Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрены на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Шулиманов Д. Ф.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 29.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

  
(подпись)

Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург  
2021



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом .....	3
1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий .....	3
1.1.1. Утренняя физическая гимнастика.....	3
1.1.2. Упражнения в течение учебного дня.....	4
1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия.....	4
1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий.....	5
1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин.....	6
1.2 Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма.....	7
1.2.1 Оценка физического развития.....	9
1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности).....	10
2. Другие виды самостоятельной работы	
2.1 Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности.....	12
2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 м).....	12
2.1.2 Техника выполнения упражнения.....	12
2.1.3 Методы самостоятельной тренировки.....	13
2.1.4. Средства тренировки быстроты.....	13
2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива.....	14
2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин .....	15
2.2.1. Техника выполнения упражнения.....	15
2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин.....	15
2.3.1. Техника выполнения упражнения.....	15
2.3.2. Методы развития силы.....	16
2.4. Тест на общую выносливость (бег 2000 и 3000 м).....	17
2.4.1. Техника бега на длинные дистанции.....	17
2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок.....	18
3.Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности.....	21

# **1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом**

## 1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий

Планирование самостоятельных занятий осуществляется студентами при консультации преподавателей и должно быть направлено на достижение единой цели – сохранение хорошего здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности, достижение поставленной задачи.

Существуют три формы самостоятельных занятий:

1. Утренняя физическая гимнастика (УФГ).
2. Упражнения в течение учебного (рабочего) дня.
3. Самостоятельные тренировочные занятия.

### 1.1.1. Утренняя физическая гимнастика

Выполняется ежедневно. В комплекс УФГ следует включать упражнения для всех групп мышц, упражнения на гибкость и дыхание, бег, бег (прыжковые упражнения).

Не рекомендуется выполнять:

- упражнения статического характера;
- со значительными отягощениями;
- упражнения на выносливость.

При выполнении УФГ рекомендуется придерживаться определенной последовательности выполнения упражнений:

- медленный бег, ходьба (2-3 мин.);
- потягивающие упражнения в сочетании с глубоким дыханием;
- упражнение на гибкость и подвижность для мышц рук, шеи, туловища и ног;
- силовые упражнения без отягощений или с небольшими отягощениями для рук, туловища, ног (сгибание-разгибание рук в упоре лежа, упражнения с легкими гантелями, с эспандерами);
- различные наклоны в положении стоя, сидя, лежа, приседания на одной и двух ногах и др.;
- легкие прыжки или подскоки (например, со скалкой) – 20-30 с.;
- упражнения на расслабление с глубоким дыханием.

При составлении комплексов УФГ рекомендуется физиологическую нагрузку на организм повышать постепенно, с максимумом во второй половине комплекса. К концу выполнения комплекса нагрузка снижается и организм приводится в спокойное состояние.

Между сериями из 2-3 упражнений (а при силовых – после каждого) выполняется упражнение на расслабление или медленный бег (20-30с.).

УФГ должна сочетаться с самомассажем и закаливанием организма. Сразу же после выполнения комплекса УФГ рекомендуется сделать самомассаж основных мышечных групп ног, туловища, рук (5-7 мин.) и выполнить водные процедуры с учетом правил и принципов закаливания.

#### 1.1.2. Упражнения в течение учебного дня

Выполняются в перерывах между учебными и самостоятельными занятиями.

Они обеспечивают предупреждение наступающего утомления, способствуют поддержанию высокой работоспособности на длительное время без перенапряжения.

При выполнении этих упражнений следует придерживаться следующих правил:

1. Проводить в хорошо проветренных помещениях или на открытом воздухе.
2. Растягивать и расслаблять мышцы, испытывающие статическую нагрузку.
3. Нагружать неработающие мышцы.

#### 1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия

Можно проводить индивидуально или в группе из 3-5 человек и более. Групповая тренировка более эффективна, чем индивидуальная. Заниматься рекомендуется 3-4 раза в неделю по 1,5 -2 часа. Заниматься менее двух раз в неделю нецелесообразно, т.к. это не способствует повышению уровня тренированности организма. Тренировочные занятия должны носить комплексный характер, т.е. способствовать развитию всего комплекса физических качеств, а также укреплению здоровья и повышению общей работоспособности организма.

Каждое самостоятельное тренировочное занятие состоит из трех частей:

1. Подготовительная часть (разминка) (15-20 мин. для одночасового занятия): ходьба (2-3 мин.), медленный бег (8-10 мин.), общеразвивающие упражнения на все группы мышц, соблюдая последовательность «сверху вниз», затем выполняются специально-подготовительные упражнения, выбор которых зависит от содержания основной части.

2. В основной части (30-40 мин.) изучаются спортивная техника и тактика, осуществляется тренировка развития физических, волевых качеств. При выполнении упражнений в основной части занятия необходимо придерживаться следующей последовательности:

После разминки выполняются упражнения, направленные на изучение и совершенствование техники, и упражнения на быстроту, затем упражнения для развития силы и в конце основной части занятия – для развития выносливости.

3. В заключительной части (5-10 мин.) выполняются медленный бег (3-8 мин.), переходящий в ходьбу (2-6 мин.), упражнения на расслабление в сочетании с глубоким дыханием, которые обеспечивают постепенное снижение тренировочной нагрузки и приведение организма в сравнительно спокойное состояние.

#### 1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий

Методические принципы, которыми необходимо руководствоваться при проведении самостоятельных тренировочных занятий, следующие:

- принцип сознательности и активности предполагает углубленное изучение занимающимися теории и методики спортивной тренировки, осознанное отношение к тренировочному процессу, понимание целей и задач занятий, рациональное применение средств и методов тренировки в каждом занятии, учет объема и интенсивности выполняемых упражнений и физических нагрузок, умение анализировать и оценивать итоги тренировочных занятий;

- принцип систематичности требует непрерывности тренировочного процесса, рационального чередования физических нагрузок и отдыха, преемственности и последовательности тренировочных нагрузок от занятия к занятию. Эпизодические занятия или занятия с большими перерывами (более 4-5 дней) неэффективны и приводят к снижению достигнутого уровня тренированности;

- принцип доступности и индивидуализации обязывает планировать и включать в каждое тренировочное занятие физические упражнения, по своей сложности и интенсивности доступные для выполнения занимающимися. При определении содержания тренировочных занятий необходимо соблюдать правила: от простого – к сложному, от легкого – к трудному, от известного – к неизвестному, а также осуществлять учет индивидуальных особенностей занимающихся: пол, возраст, физическую подготовленность, уровень здоровья, волевые качества, трудолюбие, тип высшей нервной деятельности и т.п. Подбор упражнений, объем и интенсивность тренировочных нагрузок нужно осуществлять в соответствии с силами и возможностями организма занимающихся;

- принцип динамичности и постепенности определяет необходимость повышения требований к занимающимся, применение новых, более сложных физических упражнений, увеличение тренировочных нагрузок по объему и интенсивности. Переход к более высоким тренировочным нагрузкам должен проходить постепенно с учетом функциональных возможностей и индивидуальных особенностей занимающихся.

Если в тренировочных занятиях был перерыв по причине болезни, то начинать занятия следует после разрешения врача при строгом соблюдении принципа постепенности. Вначале тренировочные нагрузки значительно снижаются и постепенно доводятся до занимающегося в тренировочном плане уровня.

Все выше перечисленные принципы находятся в тесной взаимосвязи. Это различные стороны единого, целостного повышения функциональных возможностей занимающихся.

### 1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин

Организм женщины имеет анатомо-физиологические особенности, которые необходимо учитывать при проведении самостоятельных занятий физическими упражнениями или спортивной тренировки. В отличие от мужского, у женского организма менее прочное строение костей, ниже общее развитие мускулатуры тела, более широкий тазовый пояс и мощнее мускулатура тазового дна. Для здоровья женщины большое значение имеет развитие мышц брюшного пресса, спины и тазового дна. От их развития зависит нормальное положение внутренних органов. Особенно важно развитие мышц тазового дна.

Одной из причин недостаточного развития этих мышц у студенток и работниц умственного труда является малоподвижный образ жизни. При положении сидя мышцы тазового дна не противодействуют внутрибрюшному давлению и растягиваются от тяжести лежащих над ними органов. В связи с этим мышцы теряют свою эластичность и прочность, что может привести к нежелательным изменениям положения внутренних органов и к ухудшению их функциональной деятельности.

Ряд характерных для организма женщины особенностей имеется и в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем. Все это выражается более продолжительным периодом восстановления организма после физической нагрузки, а также более быстрой потерей состояния тренированности при прекращении тренировок.

Особенности женского организма должны строго учитываться в организации, содержании, методике проведения самостоятельных занятий. Подбор физических упражнений, их характер и интенсивность должны соответствовать физической подготовленности, возрасту, индивидуальным возможностям студенток. Необходимо исключать случаи форсирования тренировок для того, чтобы быстро достичь высоких результатов. Разминку следует проводить более тщательно и более продолжительно, чем при занятиях мужчин. Рекомендуется остерегаться резких сотрясений, мгновенных напряжений и усилий, например, при занятиях прыжками и в упражнениях с отягощением. Полезны упражнения, в положении сидя, и лежа на спине с подниманием, отведением, приведением и круговыми движениями ног, с подниманием ног и таза до положения «березка», различного рода приседания.

Даже для хорошо физически подготовленных студенток рекомендуется исключить упражнения, вызывающие повышение внутрибрюшного давления и затрудняющие деятельность органов брюшной полости и малого таза. К таким упражнениям относятся прыжки в глубину, поднимание больших тяжестей и другие, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием.

При выполнении упражнений на силу и быстроту движений следует более постепенно увеличивать тренировочную нагрузку, более плавно доводить ее до оптимальных пределов, чем при занятиях мужчин.

Упражнения с отягощениями применяются с небольшими весами, сериями по 8-12 движений с вовлечением в работу различных мышечных групп. В интервалах между сериями выполняются упражнения на расслабление с глубоким дыханием и другие упражнения, обеспечивающие активный отдых.

Функциональные возможности аппарата кровообращения и дыхания у девушек и женщин значительно ниже, чем у юношей и мужчин, поэтому нагрузка на выносливость для девушек и женщин должна быть меньше по объему и повышаться на более продолжительном отрезке времени.

Женщинам при занятиях физическими упражнениями и спортом следует особенно внимательно осуществлять самоконтроль. Необходимо наблюдать за влиянием занятий на течение овариально-менструального цикла и характер его изменения. Во всех случаях неблагоприятных отклонений необходимо обращаться к врачу.

Женщинам противопоказаны физические нагрузки, спортивная тренировка и участие в спортивных соревнованиях в период беременности. После родов к занятиям физическими упражнениями и спортом рекомендуется приступать не ранее чем через 8-10 месяцев.

#### 1.2. Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма

Данные самоконтроля записываются в дневник, они помогают контролировать и регулировать правильность подбора средств, методику проведения учебно-тренировочных занятий. У отдельных занимающихся количество показателей самоконтроля в дневнике и порядок записи могут быть различными, но одинаково важно для всех правильно оценивать отдельные показатели, лаконично фиксировать их в дневнике.

В дневнике самоконтроля рекомендуется регулярно регистрировать:

- субъективные данные (самочувствие, сон, аппетит, болевые ощущения);
- объективные данные (частота сердечных сокращений (ЧСС), масса тела, тренировочные нагрузки, нарушения режима, спортивные результаты).

Субъективные данные:

Самочувствие - отмечается как хорошее, удовлетворительное или плохое. При плохом самочувствии фиксируется характер необычных ощущений.

Сон - отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и др.).

Аппетит - Отмечается как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой. Различные отклонения состояния здоровья быстро отражаются, поэтому его ухудшение, как правило, является результатом переутомления или заболевания.

Болевые ощущения - фиксируются по месту их локализации, характеру (острые, тупые, режущие и т.п.) и силе проявления.

Объективные данные:

ЧСС – важный показатель состояния организма. Его рекомендуется подсчитывать регулярно, в одно и то же время суток, в покое. Лучше всего утром, лежа, после пробуждения, а также до тренировки (за 3-5 мин) и сразу после спортивной тренировки.

Нормальными считаются следующие показатели ЧСС в покое:

- мужчины (тренированные/не тренированные) 50-60/70-80;
- женщины (тренированные/не тренированные) 60-70/75-85.

С увеличением тренированности ЧСС понижается.

Интенсивность физической нагрузки также определяется по ЧСС, которая измеряется сразу после выполнения упражнений.

При занятиях физическими упражнениями рекомендуется придерживаться следующей градации интенсивности:

- малая интенсивность – ЧСС до 130 уд/мин. При этой интенсивности эффективного воспитания выносливости не происходит, однако создаются предпосылки для этого, расширяется сеть кровеносных сосудов в скелетных мышцах и в сердечной мышце (целесообразно применять при выполнении разминки);

- средняя интенсивность от 130 до 150 уд/мин.;

- большая интенсивность – ЧСС от 150 до 180 уд/мин. В этой тренировочной зоне интенсивности к аэробным механизмам подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, когда энергия образуется при распаде энергетических веществ в условиях недостатка кислорода;

- предельная интенсивность – ЧСС 180 уд/мин. и больше. В этой зоне интенсивности совершенствуются анаэробные механизмы энергообеспечения.

Существенным моментом при использовании ЧСС для дозирования нагрузки является ее зависимость от возраста.

Известно, что по мере старения уменьшается возможность усиления сердечной деятельности за счет учащения сокращения сердца во время мышечной работы. Оптимальную ЧСС с учетом возраста при продолжительных упражнениях можно определить по формулам:

- для начинающих: ЧСС (оптимальная) = 170 – возраст (в годах)
- для занимающихся регулярно в течении 1-2 лет:

- ЧСС (оптимальная) = 180 – возраст (в годах)

Зависимость максимальной величины ЧСС от возраста при тренировке на выносливость можно определить по формуле:

- ЧСС (максимальная) = 220 – возраст (в годах)

Например, для занимающихся в возрасте 18 лет максимальная ЧСС будет равна  $220 - 18 = 202$  уд/мин.

Важным показателем приспособленности организма к нагрузкам является скорость восстановления ЧСС сразу после окончания нагрузки. Для этого определяется ЧСС в первые 10 секунд после окончания нагрузки, пересчитывается на 1 мин. и принимается за 100%. Хорошей реакцией восстановления считается:

- снижение через 1 мин. на 20%;
- через 3 мин. – на 30%;
- через 5 мин. – на 50%,
- через 10 мин. – на 70 – 75%. (отдых в виде медленной ходьбы).

Масса тела должна определяться периодически (1-2 раза в месяц) утром натощак, на одних и тех же весах. В первом периоде тренировки масса обычно снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем за счет прироста мышечной массы несколько увеличивается. При резком снижении массы тела следует обратиться к врачу.

Тренировочные нагрузки в дневник самоконтроля записываются коротко, вместе с другими показателями самоконтроля они дают возможность объяснить различные отклонения в состоянии организма.

Спортивные результаты показывают, правильно ли применяются средства и методы тренировочных занятий. Их анализ может выявить дополнительные резервы для роста физической подготовленности и спортивного мастерства.

В процессе занятий физическими упражнениями рекомендуется периодически оценивать уровень своего физического развития и физической (функциональной) подготовленности.

#### 1.2.1. Оценка физического развития

Проводится с помощью антропометрических измерений: рост стоя и сидя, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких (ЖЁЛ) и сила кисти сильнейшей руки, которые дают возможность определить:

- уровень и особенности физического развития;
- степень его соответствия полу и возрасту;
- имеющиеся отклонения;
- улучшение физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями.



Применяются следующие антропометрические индексы:

- Весо-ростовой показатель
- ВРП= масса тела (грамм.)/длина тела (см.)

Хорошая оценка:

- для женщин 360-405 г/см.;
- для мужчин 380-415 г/см.

Индекс Брока

Оптимальная масса тела для людей ростом от 155 до 165 см. равна длине тела в сантиметрах минус 100. При росте 165-175 см. вычитают 105, при росте более 175 см. – 110.

Силовой показатель (СП)

Показывает соотношение между массой тела и мышечной силой. Обычно, чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах:

$$\frac{\text{сила (кг)}}{\text{общая масса тела (кг)}} \times 100$$

Для сильнейшей руки:

- для мужчин - 65-80%
- для женщин - 48-50%.

### 1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)

Определение резервных возможностей организма

Осуществляется с помощью физиологических проб сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем.

Общие требования:

1. Проводить в одно и то же время суток.
2. Не ранее чем через 2 часа после приема пищи.
3. При температуре 18-20 градусов, влажности менее 60%.

Функциональная проба с приседанием

Проверяемый отдыхает стоя 3 мин., на 4-й мин. подсчитывается ЧСС за 15 с. с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняется 20 приседаний за 40 с., поднимая руки вперед. Сразу после приседаний подсчитывается ЧСС в течение первых 15 с. с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в процентах.

Оценка:

- отлично – до 20%;

- хорошо – 20-40%;
- удовлетворительно – 40-65%;
- плохо – 66-75%;
- более 75%.

#### Ортостатическая проба

Применяется для оценки сосудистого тонуса.

Отдых 5 минут в положении лежа, подсчитывают ЧСС в положении лежа за 1 мин. (исходная ЧСС), после чего занимающийся встает, и снова подсчитывает пульс за 1 мин.

Оценка:

- «хорошо» - не более 11 ударов (чем меньше разница, тем лучше);
- «удовлетворительно» - от 12 до 18 ударов (потливость);
- «неудовлетворительно» - более 19 ударов (потливость, шум в ушах).

Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе),

проба Генча (задержка дыхания на выдохе)

Оценивается устойчивость организма к недостатку кислорода, а также общий уровень тренированности.

После 5 мин. отдыха сидя, сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, затем сделать полный вдох (выдох) и задержать дыхание. Отмечается время от момента задержания дыхания до ее прекращения.

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	90 сек	80 сек
Хорошо	80-89 сек	70-79 сек
Удовлетворительно	50-79 сек	40-69 сек
Неудовлетворительно	50 и ниже	40 и ниже

#### Проба Генча

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	45 сек	35 сек
Хорошо	40-44 сек	30-34 сек
Удовлетворительно	30-39 сек	20-29 сек
Неудовлетворительно	30 и ниже	20 и ниже

С нарастанием тренированности время задержания дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается.

Самоконтроль прививает занимающимся грамотное и осмысленное отношение к своему здоровью и к знаниям физической культурой и спортом, имеет большое воспитательное значение.

## **2. Другие виды самостоятельной работы**

### **2.1. Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности**

#### **2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 метров)**

Нормативы:

- у студенток нормативы в беге на 100 метров следующие: 15,7 сек - 5 очков; 16,0 - 4; 17,0 - 3; 17,9 - 2; 18,7 - 1.

- студенты должны показать результаты в следующих пределах: 13,2 сек - 5 очков; 13,8 - 4; 14,0 - 3; 14,3 - 2; 14,6 - 1.

#### **2.1.2. Техника выполнения упражнения**

При анализе бега на 100 м. принято выделять следующие основные фазы:

- старт и стартовый разгон;
- бег по дистанции;
- финиширование.

**Старт и стартовый разгон**

Существует два вида старта: низкий и высокий. Экспериментальные данные показывают, что новичкам и спортсменам 2-го разряда лучше применять высокий старт. Такая закономерность наблюдается до результата 11,4-11,6 с. и объясняется технической сложностью низкого старта. Поэтому следует ограничиться только овладением техникой высокого старта.

По команде «На старт» занимающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую (толчковую ногу) вплотную к линии, маховая нога располагается на 1,5-2 стопы назад на носок, расстояние между ними 15-20 см. Туловище выпрямлено, руки опущены, вес тела распределяется равномерно на обе ноги.

По команде «Внимание» вес тела переносится на впереди согнутую стоящую ногу, разноименная рука вперед. Проекция плеч находится за стартовой линией на расстоянии 5-8 см. Взгляд направлен вперед - вниз.

По команде «Марш» бегун мощно разгибает толчковую ногу и стремится максимально быстро вынести маховую ногу вперед с постановкой ее сверху вниз на дорожку. Руки работают максимально активно, плечевой пояс не закрепощен, кисти расслаблены. Стартовый разгон характеризуется постепенным увеличением длины шагов, уменьшением наклона туловища и приближением стоп к средней линии.

**Бег по дистанции**

Перед бегущим стоит задача удержать развитую горизонтальную скорость до финиша. Этому будет способствовать сохранение длины и частоты шагов.

Во время бега маховая нога ставится с носка спереди проекции общего центра тяжести тела (ОЦТТ) сверху вниз. Взаимодействие маховой ноги с грунтом называется передним толчком. Задний толчок выполняется мощным разгибанием бедра и сгибанием стопы. Голова держится прямо. Руки согнуты (угол сгибания в локтевых суставах примерно 90 град.).

При движении руки вперед кисть поднимается до уровня плеч. Назад рука отводится до «отказа» и угол сгибания в локтевом суставе увеличивается. Пальцы рук слегка согнуты.

#### Финиширование

Наклон туловища увеличивается. На последних метрах дистанции необходимо стремиться не потерять свободы движений и пробегать финиш без снижения скорости.

#### 2.1.3. Методы самостоятельной тренировки

- Повторный метод - повторное выполнение упражнений с около-предельной и предельной скоростью. Отдых продолжается до восстановления. Упражнения повторяются до тех пор, пока скорость не начнет снижаться.

- Переменный метод - когда пробегаются дистанции, например, с варьированием скорости и ускорения. Цель - исключить стабилизацию скорости («скоростной барьер»).

- Соревновательный метод - предполагает выполнение упражнений на быстроту в условиях соревнований. Эмоциональный подъем на соревнованиях способствует мобилизации на максимальные проявления быстроты, позволяет выйти на новый рубеж скорости.

#### 2.1.4. Средства тренировки быстроты

Частоту движений, а вместе с ней и быстроту циклических движений развивают с помощью упражнений, которые можно выполнять с максимальной скоростью, а также с помощью скоростно-силовых упражнений для ациклических движений. При этом упражнения должны отвечать следующим требованиям:

- техника упражнений должна обеспечивать выполнение движений на предельных скоростях;

- упражнения должны быть хорошо освоены, чтобы не требовалось волевого усилия для их выполнения;

- продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы скорость не снижалась вследствие утомления - 20-22 с.

Основным средством отработки бега по дистанции является бег с максимальной скоростью. Такой бег выполняется 5-6 раз по 30-40 метров. В тренировке можно чередовать бег в обычных, облегченных (с горки, угол 4-5 град.) и затрудненных (в горку или с сопротивлением) условиях.

Для развития скоростной выносливости рекомендуется пробегать большую дистанцию (120-150 м), когда очередная пробежка начинается при пульсе 120 уд/мин.

Для тренировки в беге на 100 метров следует использовать кроссы (6 км, 30 мин), повторный бег на отрезках 200 м в 3/4 силы. Спортивные игры (баскетбол, футбол) также приносят пользу в развитии быстроты.

Можно рекомендовать и упрощенную методику, обеспечивающую минимально необходимый уровень подготовленности:

- повторный метод - в одном занятии 3-4 пробегания по 20-30 метров с максимальной скоростью и интервалами отдыха для восстановления пульса до 110-120 уд/мин;

- переменный метод - пробегание 2-х отрезков по 30 метров с максимальной скоростью и последующим переходом на спокойный бег 150--200 метров. Выполняется 3-4 подхода.

Для ощутимого сдвига в подготовленности такие тренировки рекомендуется проводить 3-4 раза в неделю.

#### 2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива

При подготовке к сдаче бега на 100 метров следует учитывать общие требования по питанию при занятиях физическими упражнениями:

1. По времени - прием пищи не менее чем за 2-3 часа.
2. По составу - не есть тяжелой пищи (мясо, яйца, масло, молочные продукты, жирную, долго перевариваемую пищу).

Не рекомендуется выходить на старт с переполненным желудком.

Непосредственно перед сдачей норматива необходимо провести разминку с использованием специальных упражнений:

1. Бег с высоким подниманием бедра.
2. Бег с «захлестыванием» голени назад.
3. Семенящий бег.
4. Прыжки с ноги на ногу (шаги).
5. Бег в упоре стоя у гимнастической стенки.
6. Бег с ускорением с высокого старта с подачей стартовых команд (2-3 ускорения по 10-15 метров).

Разминка заканчивается за 10 минут до старта.

Непосредственно перед стартом нельзя отдыхать лежа, сидя, необходимо постоянно находиться в движении (прохаживаться, выполнять упражнения на растяжку). Частота сердечных сокращений непосредственно перед стартом должна быть 110 – 120 уд/мин.

Психологическая подготовка заключается в мысленном «прокручивании» в голове этапов преодоления дистанции: старта, стартового разбега, бега по дистанции, финиширования с концентрацией внимания на технике выполнения каждого этапа.

При выполнении теста не разрешается:

- наступать на линию старта (стартовая линия входит в дистанцию);
- перебегать на соседние дорожки.

## 2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин

(поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, ноги закреплены, руки за головой)

Нормативы: 60 раз - 5 очков, 50 - 4, 40 - 3, 30 - 2, 20 - 1.

Это упражнение используется для оценки развития мышц живота (брюшного пресса).

О мышцах брюшного пресса следует сказать особо. Эта группа мышц участвует в большинстве движений. Она создает хороший «мышечный корсет», охватывающий брюшную полость и способствующий нормальному функционированию внутренних органов, что положительно влияет на состояние здоровья.

### 2.2.1. Техника выполнения упражнения

И.п. (исходное положение) – лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы прижаты к полу, руки в замок за головой, локти разведены.

Это силовое упражнение состоит из 4-х фаз:

- поднимание туловища;
- фиксация его в вертикальном положении;
- опускание;
- пауза в горизонтальном положении.

Голова держится прямо, локти в стороны, дыхание ритмично.

## 2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин (подтягивание на перекладине)

Учебной программой по физической культуре предусмотрено тестирование студентов для определения уровня их силового развития. Нормативы следующие: 15 раз - 5 очков, 12 - 4, 9 - 3, 7 - 2, 5 - 1;

### 2.3.1. Техника выполнения упражнения

Каждый цикл подтягивания в висе на перекладине включает:

- исходное положение - вис на вытянутых руках хватом сверху (большими пальцами внутрь);
- подъем до пересечения подбородком линии перекладины;
- опускание в исходное положение.

При выполнении теста разрешается сгибание, разведение ног, запрещаются рывковые движения туловищем и руками, хлестовые движения ногами. Выполнение засчитывается только при полном выпрямлении рук в локтевых суставах.

Наиболее экономично подтягивание при хвате рук на ширине плеч. Если кисти рук расположены ближе друг к другу, то положение тела становится менее устойчивым и отклонения придется компенсировать за счет дополнительных мышечных усилий, что будет увеличивать энерготраты и снижать результат. Возрастают энерготраты и при широком хвате (шире плеч). Это связано с тем, что для фиксации лопаток при широком хвате требуется большая, чем при хвате на ширине плеч, сила мышц, приближающих лопатки к позвоночному столбу.

Опускание в вис (в исходное положение) после подтягивания должно выполняться спокойно. Дыхание не задерживается.

### 2.3.2. Методы развития силы

На практике распространены следующие методы силовой подготовки:

- метод максимальных усилий;
- метод повторных усилий;
- метод динамических усилий.

Согласно методу максимальных усилий выполнение упражнений организуется таким образом, чтобы занимающийся смог подтянуться 1-3 раза в одном подходе (при условии, что он способен самостоятельно подтянуться как минимум 2-3 раза). Такое достигается за счет применения дополнительного внешнего отягощения. Делается 5-6 подходов с перерывами 2-4 минуты.

По методу повторных усилий подтягивания в одном подходе выполняются до «отказа». Если занимающийся имеет максимальный индивидуальный показатель 10-15 подтягиваний и более, то следует применять отягощение весом 30-70% от максимального. Например, занимающийся может подтянуться 1 раз с максимальным отягощением 10 кг. Значит, для тренировки по методу повторных усилий следует подобрать вес отягощения 3-7 кг. Выполняется 3-6 подходов с отдыхом между ними 2-4 мин.

Разнообразить упражнения можно, применяя метод динамических усилий. Если занимающийся легко выполняет 10-15 подтягиваний, то следует применять отягощения до 30% от максимального. В одном подходе 10-15 повторений. Темп - максимально быстрый. Всего 3-6 подходов. Во время отдыха следует добиваться наиболее полного восстановления, чтобы в следующем подходе выполнить упражнение без существенной потери скорости.

Сравнивая динамический и статический методы развития силы, необходимо отметить следующее:

- При динамическом режиме работы мышц происходит достаточное кровоснабжение. Мышца функционирует как насос - при расслаблении наполняется кровью и получает кислород и питательные вещества.

- Во время статического усилия мышца постоянно напряжена и непрерывно давит на кровеносные сосуды. В результате она не получает кислород и питательные вещества. Это ограничивает продолжительность работы мышц.

#### 2.4. Тест на общую выносливость - бег 2000 и 3000 метров

Нормативы:

- студентки - бег 2000 метров - 10 мин.15 сек. - 5 очков; 10.50 - 4; 11.15 - 3; 11.50 - 2; 12.15 - 1;

- студенты - бег 3000 метров - 12.00 - 5; 12.35 - 4; 13.10 - 3; 13.50 - 2; 14.00 - 1.

##### 2.4.1. Техника бега на длинные дистанции

Бег на средние и длинные дистанции начинается с высокого старта. По команде «На старт!» бегун ставит у линии более сильную ногу, а другую отставляет назад на носок (на 30 – 50 см), немного сгибает ноги, туловище наклоняет вперед и тяжесть тела переносит на впереди стоящую ногу. По команде «Марш!» бегун начинает бег, делая первые шаги в большом наклоне, который постепенно уменьшается. Длина шагов увеличивается, бег ускоряется, бегун набирает скорость и в короткое время переходит к свободному бегу на дистанции. Бег на дистанции. Во время бега на дистанции туловище вертикально или слегка наклонено вперед (5-7°). Небольшой наклон туловища вперед позволяет лучше использовать силы отталкивания и быстрее продвигаться вперед. Слишком большой наклон приводит к «падающему» бегу, при котором труднее выносить вперед согнутую ногу, в связи с чем уменьшается длина шага, а следовательно, и скорость бега. Кроме того, при большом наклоне постоянно напряжены мышцы, удерживающие туловище от увеличивающегося наклона. Отсутствие наклона ухудшает условия отталкивания, однако улучшает возможность выноса вперед согнутой в коленном суставе свободной ноги. При правильном положении туловища создаются благоприятные условия для работы мышц и внутренних органов. Наклон туловища у бегунов изменяется в пределах 2-3°: увеличивается к моменту отталкивания и уменьшается в полетной фазе. Положение головы существенно влияет на положение туловища. Надо держать голову прямо и смотреть вперед. В фазе отталкивания таз подается вперед, что является важной особенностью техники бега на длинные дистанции и позволяет полнее использовать силу реакции опоры. В технике бега на длинные дистанции важнее всего движения ног. Нога, немного согнутая, ставится на грунт упруго и эластично с передней части стопы, а затем касается его всей стопой. Постановка ноги на переднюю часть стопы позволяет эффективнее использовать эластические свойства мышц голени, активно участвующие в отталкивании.



Следы стоп на дорожке у бегунов находятся на одной линии, носки почти не разворачиваются в стороны. Эффективное отталкивание характеризуется выпрямлением ноги во всех суставах. Угол отталкивания в беге на средние дистанции примерно равен 50-55°. При правильном отталкивании таз подан вперед, голень маховой согнутой ноги параллельна бедру толчковой ноги. Быстрый вынос маховой ноги вперед облегчает отталкивание. Бегуны на длинные дистанции меньше поднимают бедро маховой ноги вверх, чем бегуны на средние и короткие дистанции. Длина шага на длинные дистанции не постоянна даже у одних и тех же бегунов. Колебания зависят от наступившего утомления, неравномерности пробегания отдельных участков дистанции, качества беговой дорожки, ветра и состояния бегуна. Обычно шаг с сильнейшей ноги на несколько сантиметров больше, чем шаг со слабой ноги. Длина шага равна 160 – 215 см. Повышение скорости бега за счет увеличения длины шага ограничено, так как слишком длинный шаг требует очень больших затрат сил. Кроме того, длина шага в основном зависит от индивидуальных данных бегуна. Поэтому скорость бега повышают за счет увеличения частоты шагов, которая зависит от тренированности бегуна. Движения плечевого пояса и рук связаны с движениями ног. Выполнять их надо легко, не напряженно. Это во многом зависит от умения расслаблять мышцы плечевого пояса. Движения рук помогают бегуну сохранять равновесие тела во время бега. Амплитуда движения рук зависит от скорости бега. Кисти при движении вперед не пересекают средней линии тела и поднимаются примерно до уровня ключицы. При движении рук назад кисти доходят до задней линии туловища (если смотреть на бегуна сбоку). Руки двигаются маятникообразно, пальцы рук свободно сложены, предплечья не напряжены, плечи не поднимаются вверх. При финишировании, длина которого зависит от дистанции и оставшихся сил бегуна, движения руками делаются быстрее, наклон тела увеличивается, а угол отталкивания уменьшается. Спортсмен переходит на скоростной бег, при котором скорость повышается главным образом за счет увеличения частоты шагов. К концу дистанции вследствие утомления некоторые бегуны наклоняют туловище назад. Такое положение туловища не способствует эффективности бега, так как усилия отталкивания направляются больше вверх. Техника бега на вираже имеет некоторые особенности: туловище немного наклонено влево, к бровке, правая рука движется несколько размашистей левой, причем правый локоть дальше отводится в сторону, а правая стопа ставится с некоторым поворотом внутрь. Ритм дыхания зависит от индивидуальных особенностей и скорости бега (с увеличением скорости бега увеличивается и частота дыхания). Бегун не должен задерживать дыхание. Дышать следует одновременно через нос и полуоткрытый рот, при этом важно следить за полным выдохом.

#### 2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок

В некоторых случаях тренировка может стать причиной различных осложнений, включая травмы опорно-двигательного аппарата.

Основная причина травматизма опорно-двигательного аппарата - перенапряжение. Слишком быстрое увеличение тренировочных нагрузок является чрезмерным для детренированных мышц, связок и суставов. К дополнительным факторам, способствующим повреждению опорно-двигательного аппарата, можно отнести:

- бег по твердому грунту;
- избыточную массу тела;
- обувь, не пригодную для бега;
- грубые ошибки в технике.

Следовательно, меры по профилактике травм должны быть направлены на устранение или ослабление воздействия этих факторов:

- Во время кроссового бега часто болит в правом боку (печень), либо в левом боку (селезенка). Печень важный орган в жизнедеятельности нашего организма (синтез жиров и углеводов, обмен белков и витаминов) является кровяным депо. Так вот в результате переполнения кровью печени возникают колики. Глубокое дыхание снижает приток крови к правому предсердию, уменьшает болевые ощущения. Бег не надо прекращать, необходимо снизить скорость передвижения и стараться дышать глубже.

- В процессе тренировок после значительного перерыва (отдыха) или при резком увеличении нагрузок могут появляться боли в мышцах, как правило, на другой день. Во время физической работы в организме образуются продукты распада, часть которых выводится из организма через мочевыделительную систему, а другая часть, в том числе, молочная кислота задерживается в мышечных тканях. Чтобы избавиться от нее, необходимо мышцу непосредственно после физической нагрузки заставить растянуться (с помощью упражнений на растяжение), а на следующий день выполнять какую-либо физическую работу, т.е. сокращаться. Эти меры помогут ускорить вывод молочной кислоты из мышц. Боли могут длиться несколько дней и если не предпринимать никаких мер, мышца теряет эластичность, становится твердой. В этом случае могут помочь: массаж, банные процедуры, применение согревающих мазей и гелей.

- При выполнении напряженной физической работы длительное время, например, кроссовый бег, возникают такие состояния, которые получили название «мертвая точка» и «второе дыхание». Уже через некоторое время бега в организме начинаются изменения, которые заставляют нас прекратить мышечную деятельность. Такое временное снижение работоспособности получило название «мертвая точка». Механизм возникновения такого состояния недостаточно изучен. Предполагают, что он обусловлен временным нарушением

деятельности скелетных мышц и органов, обеспечивающих доставку кислорода в организм. Эти нарушения приводят к изменениям в работе нервных центров, что, в свою очередь, приводит к нарушениям в работе отдельных физиологических систем. Время возникновения и продолжительность этого состояния зависит от многих факторов, в частности от длительности и интенсивности физической нагрузки (например, при беге на 5-10 км и более возникает через 5-6 мин бега), от тренированности. Чем лучше тренирован человек, тем позже возникает это состояние и протекает менее тяжело (почти незаметно). Преодоление этого состояния требует значительного волевого усилия. В процессе проведения учебных и тренировочных занятий необходимо приучать себя преодолевать это неприятное ощущение, возникающее при кислородной недостаточности и накоплении продуктов кислотного распада при обмене веществ. Наступлению «второго дыхания» способствуют усиленные дыхательные упражнения, глубокие выдохи, освобождающие организм от накопившейся углекислоты, что способствует наступлению кислотно-щелочного баланса в организме. Преодолеть состояние «мертвой точки» можно, если снизить интенсивность физической нагрузки, но это нежелательно, т.к. не будет адаптации организма к такого рода деятельности.

- При занятиях физическими упражнениями могут возникнуть отклонения в деятельности сердца - учащенное сердцебиение. Оно может быть следствием стенокардии, ссоры, неурядицы в быту, семье, боязни, страха, дистрофий миокарда. Возникновение болей - сигнал опасности, в этих случаях необходимо прекратить занятия и обратиться к врачу.

- Существует состояние, называемое гравитационным шоком. Часто возникает при внезапной остановке после относительно интенсивного бега (чаще после финиша) в связи с прекращением действия «мышечного насоса». Большая масса крови застаивается в раскрытых капиллярах и венах мышц нижних конечностей, на периферии. Возникает анемия (обескровливание) мозга, недостаточное снабжение его кислородом. Появляется резкое побледнение, слабость, головокружение, тошнота, потеря сознания, исчезновение пульса. Пострадавшего необходимо уложить на спину, поднять вверх ноги (выше головы), обеспечив отток венозной крови к сердцу, улучшив снабжение головного мозга кислородом, поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом. Основная профилактика гравитационного шока - исключение внезапной остановки, постепенное замедление бега.

- Гипогликемическое состояние - следствие недостаточного количества в организме сахара, нарушение углеводного обмена в результате длительной физической нагрузки. Ощущается сильный голод, головокружение, иногда потеря сознания. Профилактика - легко усваиваемые углеводы до начала длительной физической нагрузки (немного сахара, меда и т.п.) или специальные питательные смеси.

- Солнечный и тепловой удары - возникают при длительной работе под действием солнечных лучей на обнаженную голову или тело. Тепловой удар - остро развивающееся болезненное состояние, обусловленное перегреванием организма. Его признаками являются: усталость, головная боль, слабость, боли в ногах, спине, тошнота, шум в ушах, повышение температуры, потемнение в глазах, ухудшение дыхания (прерывистое), потеря сознания.

Первая помощь: пострадавшего поместить в прохладное место, снять одежду, приподнять голову, охладить область сердца (холодный компресс), напоить. Дать понюхать нашатырный спирт, сердечные средства. При нарушении дыхания сделать искусственное дыхание.

При обморожениях на охлажденном участке вначале чувствуется легкое пощипывание, затем чувствительность теряется. Особенно поддаются ему пальцы рук, ног, нос, уши. Если произошло обморожение нельзя растирать пораженные места снегом, это только повредит кожу. Необходимо поместить обмороженный участок в тепло не растирать, а согревать при комнатной температуре. Обмороженные места смазать жиром (вазелином).

### **3. Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности**

Выполнение контрольных нормативов требует от студента мобилизации всех своих сил и здесь следует принимать во внимание и учитывать все что может повлиять на конечный результат, в том числе характер учебно-познавательной деятельности предшествующий зачетному занятию.

В течение учебного дня, занимаясь то одним видом учебно-познавательной деятельности, то другим, обучающиеся должны переключаться с выполнения одного вида задач на другой, и каждый раз проходит какое-то время, пока будет достигнуто оптимальное соответствие состояния личности и организма обучающегося к условиям проведения определенного вида учебно-познавательной деятельности – период адаптации.

Можно говорить о том, что к каждому учебному занятию кроме практической и теоретической подготовленности, определенного уровня умений и навыков по предмету, от студентов требуется некоторая психофизиологическая и физическая готовность. В этом случае под ней подразумевается готовность психических, физиологических и обеспечивающих двигательные действия систем человека к выполнению определенного рода учебно-познавательной деятельности.

Многообразие видов учебно-познавательной деятельности определяет многообразие психофизиологических и физических состояний обучающихся. Под психофизиологическим и физическим состоянием предлагается понимать целостные психофизиологические и

физические реакции обучаемого на внешние и внутренние факторы, направленные на достижение полезного результата.

Параметром психофизиологического и физического состояния является величина, характеризующая какую-либо из реакций организма обучаемого на внешние или внутренние факторы.

Уровень психофизиологической и физической готовности к предстоящему занятию, зависит от индивидуальных особенностей личности обучаемого и определенных внешних факторов, воздействующих на него на предыдущем занятии. Эти факторы можно разделить на три вида:

- санитарно-гигиенические условия;
- временные условия;
- организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся температура и влажность воздуха, освещенность, содержание кислорода в воздухе, эргономичность учебных мест, запыленность, загазованность места проведения занятия. К временным условиям относятся: время дня, день недели, месяц семестра, время года, а также время, прошедшее после последнего приема пищи.

Вышеперечисленные факторы оказывают существенное влияние на психофизиологическую и физическую готовность. Второй фактор заставляет учитывать объективные закономерности колебания уровня работоспособности студентов в течение учебного дня, учебной недели, семестра. Как известно, в течение учебного дня объективно наблюдается два периода подъема работоспособности: один в первой половине дня, второй – в послеобеденное время. Каждому периоду характерны три фазы: вработывание, повышенная работоспособность, снижение работоспособности. В течение недели те же фазы распределяются следующим образом: понедельник, вторник – вработывание; среда, четверг – повышенная работоспособность; пятница, суббота – снижение работоспособности. Исследования показали, что и семестровый цикл разделяется на те же фазы.

Влияние фактора «организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности» в данном случае рассматривается, как влияние особенностей психофизиологической и физической деятельности обучаемых на предыдущем занятии на их психофизиологическую и физическую готовность к последующему виду учебно-познавательной деятельности, в нашем случае к зачету. Психофизиологическая деятельность характеризуется напряженностью и характером мыслительной деятельности, а также нервно-эмоциональной напряженностью учебной деятельности.

Физическая деятельность характеризуется интенсивностью, видом мышечных действий и работой обеспечивающих эту деятельность физиологических систем. Мышечные действия

могут носить статический и динамический характер: поддержание рабочей позы «сидя», «стоя», выполнение чертежной, письменной работы, настройка и обслуживание аппаратуры, выполнение гимнастических упражнений и т.п. При этом используются, в той или иной степени, основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость.

Влияние всех вышеперечисленных факторов преломляется через индивидуальные особенности личности, такие как типологические свойства нервной системы и темперамента, возрастные, морфологические, биохимические особенности организма, уровень физической подготовленности, состояние здоровья и другие, выливаясь, в итоге, в психофизиологическую и физическую готовность студента к предстоящему виду учебно-познавательной деятельности.

Следует отметить, что особенно явно эти проблемы проявляются при чередовании занятий по общенаучным, общеинженерным и специальным дисциплинам с практическими занятиями по физической культуре. В этом случае происходит смена видов деятельности, в одном из которых доминирующую роль играет умственная работа с пониженной двигательной активностью и сохранением определенной рабочей позы, в другом – разнообразная активная двигательная деятельность с сопровождающей ее мыслительной работой.

Методика проведения занятий предусматривает проведение вводной (подготовительной) части для организации обучающихся, приведения их в состояние готовности к решению задач основной части, в нашем случае к сдаче контрольного норматива, и заключительной – для подведения итогов, приведения организма в относительно спокойное состояние (для занятий по физической культуре), но при проведении этих частей занятий, как правило, не учитывается характер предыдущей и последующей деятельности студентов. Неучтение этого факта отрицательно влияет на скорость адаптации к виду учебно-познавательной деятельности, что особенно наглядно проявляется при чередовании практических занятий по физической культуре с занятиями по общеинженерным и специальным дисциплинам.

Складывается противоречие между имеющим место в практике обучения несоответствием уровня психофизиологической и физической готовности обучающихся, объективно складывающейся в ходе проведения предшествующего занятия, видом учебно-познавательной деятельности последующего занятия и неучтением этого факта в общепринятых методиках проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий, в том числе, по дисциплине «физическая культура»

Это противоречие можно устранить, обеспечив управление процессом адаптации студентов к смене видов учебно-познавательной деятельности в ходе проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий.

Для каждой темы занятия по физической культуре в зависимости от педагогической ситуации, складывающейся из контекстной пары - вид предшествующего и вид последующего

занятия, можно установить наиболее предпочтительные адаптирующие, предметно-ориентированные варианты проведения подготовительной и заключительной частей, оперативно поддерживающие достаточно высокий уровень психофизиологической и физической готовности при чередовании этих занятий с занятиями по другим дисциплинам.

Видится актуальной задача управления процессом адаптации обучаемых к смене видов учебно-познавательной деятельности с целью сокращения времени вработывания и повышения эффективности как занятий, так и сдачи контрольных нормативов. Для решения этой задачи представляется наиболее целесообразным использовать проведение подготовительной (разминки) и заключительной частей занятий с адаптирующим, предметно-ориентированным содержанием.

В этом случае под управлением адаптацией следует понимать процесс педагогического воздействия с целью установления оптимального соответствия личности обучаемого и условий осуществления учебной деятельности в ходе осуществления им познавательной деятельности, которое позволяет индивидууму более эффективно удовлетворять актуальные познавательные потребности, и реализовывать связанные с ними значимые цели.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой,

 Д.Ф. Шулиманов

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

*по дисциплине*

## ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобен на заседании кафедры

*Физической культуры*

*(название кафедры)*

Протокол № 1 от 29.09.2021

*(Дата)*

Екатеринбург  
2021



## Содержание

Цели и задачи дисциплины .....	3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы .....	3
Требования к оформлению контрольной работы .....	3
Содержание контрольной работы.....	3
Выполнение работы над ошибками.....	10
Критерии оценивания контрольной работы .....	10
Образец титульного листа .....	11

### **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

### **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы**

Дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

### **3. Требования к оформлению контрольной работы**

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «элективные курсы по физической культуре и спорту» представлено 2 варианта контрольной работы.

#### **Содержание контрольной работы**

##### **Вопросы для групповой дискуссии**

1. Что можно отнести к средствам физического воспитания?
2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека
3. Чем отличается спорт от физической культуры?
4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?
5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?
6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия
7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?
8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

#### **Контрольная работа №1**

##### **Вариант 1**

**ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.**

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:  
а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.
2. Физическое воспитание – это:  
а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;  
б) приобщение человека к физической культуре;

- в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
- г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.

3. Чем спорт отличается от физической культуры:

- а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.

4. Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

- а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности;
- г) систематичности;

5. Под физическим развитием понимается:

- а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;
- б) размеры мускулатуры, форма тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность;
- в) процесс совершенствования физических качеств, при выполнении физических упражнений;
- г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом.

#### **ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.**

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

- а) естественное состояние организма без болезней и недугов;
- б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
- в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
- г) все перечисленное.

2. Состояние здоровья обусловлено:

- а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;
- в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.

3. Что не относится к внешним факторам, влияющим на человека:

- а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;
- г) биологические факторы.

4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

- а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.

5. К активному отдыху относится:

- а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

#### **ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.**

1. Физическими упражнениями называются:

- а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
- б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
- в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
- г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

- а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.

3. Физические упражнения являются:

- а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;
- в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.

4. Что не относится к методам физического воспитания:

- а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;
- г) самостоятельный.

5. Метод в физической культуре – это

- а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;
- б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;
- в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;
- г) способ применения физических упражнений.

#### **ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.**

1. Физическая подготовка – это:

- а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
- б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
- в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

2. К основным физическим качествам относятся:

- а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
- в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.

3. Различают гибкость:

- а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
- г) простую и сложную.

4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

- а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.

5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

- а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

## **Вариант 2**

### **ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.**

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:

- а) на интеллектуальные способности;
- б) на удовлетворение социальных потребностей;
- в) на воспитание лидерских качеств;
- г) на полноценное физическое развитие.

2. Физическая культура – это:

- а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
- б) часть науки о природе двигательной деятельности человека
- в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
- г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.

3. Что не относится к компонентам физической культуры:

- а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура;
- г) гигиеническая физическая культура.

4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:

- а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
- б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
- в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
- г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:

- а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
- б) инструктивно-методические знания;
- в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
- г) все вышеперечисленное.

### **ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.**

1. Что понимается под закаливанием:

- а) купание в холодной воде и хождение босиком;
- б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
- в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
- г) укрепление здоровья.

2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

- а) естественное состояние организма без болезней и недугов;
- б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
- в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
- г) все перечисленное.

3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:

- а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.

4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

- а) защита внутренней среды организма; б) терморегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ;
- г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

- а) обеспечивает ритмичность работы организма;
- б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
- в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
- г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

### **ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.**

1. Физическое упражнение - это:

- а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
- б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
- в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
- г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

- а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
- б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
- г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
- г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относится к средствам физического воспитания:

- а) физические упражнения;
- б) подвижные игры;
- в) соревнования;
- в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

- а) сознательность и активность;
- б) наглядность и доступность;
- в) систематичность и динамичность;
- г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует повышению работоспособности, потому что:

- а) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости;
- б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации;
- в) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения;
- г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

### **ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.**

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

- а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;
- г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

- а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
- б) подвижные и спортивные игры;
- в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
- г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

- а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
- г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

- а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

- а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
- г) статическую и динамическую.

## Контрольная работа №2

### Вариант 1

#### ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:
  - а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
  - в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.
2. К объективным показателям самоконтроля относится:
  - а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.
3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:
  - а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.
4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:
  - а) после приема пищи; б) после сна натошак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

#### ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:
  - а) спорт высших достижений;
  - б) лечебная физическая культура;
  - в) профессионально-прикладная физическая культура;
  - г) массовый спорт.
2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:
  - а) фехтование;
  - б) баскетбол;
  - в) фигурное катание;
  - г) художественная гимнастика.
3. Количество игровых одной команды в волейболе на площадке:
  - а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.
4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:
  - а) по частоте дыхания;
  - б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
  - в) по объему выполненной работы.

#### ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:
  - а) двигательное умение;
  - б) массовый спорт;
  - в) двигательный навык;
  - г) спорт высших достижений.
2. Как дозируются упражнения на гибкость:
  - а) до появления пота;
  - б) до снижения амплитуды движений;
  - в) по 12-16 циклов движений;
  - г) до появления болевых ощущений.
3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:
  - а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
  - б) они выполняются до утомления;
  - в) они вызывают значительное напряжение мышц;
  - г) они выполняются медленно.
4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:
  - а) в фигурном катании;
  - б) в пауэрлифтинге;
  - в) в художественной гимнастике;
  - г) в лыжном спорте.

#### ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:
  - а) обеспечивают усиленную работу мышц;

- б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
- в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
- г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.

2. Меры профилактики переутомления:

- а) посидеть 3-4 минуты;
- б) сменить вид деятельности;
- в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
- г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:

- а) 100 – 130 уд/мин;
- б) 130 – 150 уд/мин;
- в) 150 – 170 уд/мин;
- г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:

- а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
- б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
- в) подготовка организма к предстоящей работе;
- г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

#### **ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.**

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:

- а) спорт высших достижений;
- б) лечебная физическая культура;
- в) производственная физическая культура;
- г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:

- а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
- г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:

- а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
- б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
- в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
- г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

- а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

#### **Вариант 2**

##### **ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.**

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:

- а) педагогический поэтапный контроль;
- б) педагогический текущий контроль;
- в) педагогический оперативный контроль;
- г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:

- а) упражнения на гибкость;
- б) дыхательные упражнения;
- в) упражнения с отягощением;
- г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:

- а) за час до приема пищи;
- б) после сна натощак;
- в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
- г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:

- а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
- б) контроля родителей;
- в) лично спортсмену;
- г) лично тренеру.

##### **ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.**

1. К циклическим видам спорта не относится:
  - а) волейбол;
  - б) стайерский бег;
  - в) плавание;
  - г) спортивная ходьба.
2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:
  - а) спортивная гимнастика;
  - б) лыжный спорт;
  - в) триатлон;
  - г) атлетическая гимнастика.
3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:
  - а) спорт высших достижений;
  - б) лечебная физическая культура;
  - в) профессионально-прикладная физическая культура;
  - г) массовый спорт.
4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:
  - а) упражнения на развитие выносливости;
  - б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;
  - в) бег и общеразвивающие упражнения.

### **ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.**

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:
  - а) способность сохранять равновесие;
  - б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;
  - в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;
  - г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.
2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:
  - а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;
  - б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;
  - в) выделение частей в занятии требует Министерство науки и образования;
  - г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.
3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:
  - а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;
  - б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей;
  - в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;
  - г) частотой сердечных сокращений.
4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:
  - а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

### **ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.**

1. К объективным показателям самоконтроля относится:
  - а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.
2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:
  - а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.
3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:
  - а) после приема пищи; б) после сна натошак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.
4. Меры профилактики переутомления:
  - а) посидеть 3-4 минуты;
  - б) сменить вид деятельности;
  - в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
  - г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

### **ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.**

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:
  - а) физкультурная пауза;
  - б) производственная физическая культура;
  - в) спорт высших достижений;
  - г) массовый спорт.



2. Профессионально-прикладная физическая подготовка - это
- а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;
  - б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;
  - в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;
  - г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.
3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:
- а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.
4. Что не является формой занятий по ППФП:
- а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

#### **Выполнение работы над ошибками**

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

#### **Критерии оценивания контрольной работы**

**Оценка за контрольную работу** определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 40 баллов.

#### **Результат контрольной работы**

*Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:*

20-40 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-19 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

*Образец оформления титульного листа*



**Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный университет»**

Кафедра физической культуры

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

**по дисциплине  
ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ**

Выполнил: Иванов Иван Иванович  
Группа \_\_\_\_\_

Преподаватель: Петров Петр Петрович

**Екатеринбург  
2020**

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



Проректор по учебно-методическому комплексу

С.А. Упоров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Б1.О.07 РУССКИЙ ЯЗЫК И ДЕЛОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых**

форма обучения: очная, заочная

Автор: Меленкова Е. С., к.ф.н.

Одобрены на заседании кафедры

*Иностранных языков и деловой  
коммуникации*

(название кафедры)

Зав. кафедрой

к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 28.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

**Методические рекомендации к дисциплине согласованы с  
выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ**

Заведующий кафедрой

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Душин', written over a horizontal line.

В.А.Душин

Самостоятельная работа обучающегося в образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

Основные виды аудиторных занятий по дисциплине «Русский язык и культура речи» – лекция и практическое занятие.

Формы контроля самостоятельной работы студентов – опрос, дискуссия, проверка на практическом занятии, разноуровневые задания, зачет.

### Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО очной формы обучения составляет 76 часов.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					55
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	1,0 x 16	16
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	2,0 x 3	6
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,5-1,0	1,0 x 13	13
4	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2,0 x 8	16
5	Подготовка к дискуссии	1 занятие	1,0-4,0	4,0 x 1	4
Другие виды самостоятельной работы					21
6	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	1,0 x 21	21
Итого:					<b>76</b>

### Подготовка к лекции и опросу

Необходимость самостоятельной работы по подготовке к лекции или опросу определяется тем, что изучение любой дисциплины строится по определенной логике освоения ее разделов, представленных в РУП данной дисциплины.

Перечень примерных вопросов для самоконтроля.

#### Раздел 1. Культура речи и деловое общение

1. Каковы основные отличия общения в официальной и неофициальной обстановке?
2. Какие функции общения реализуются в ситуации занятия? Каких функций необходимо избегать?
3. Какие основные требования предъявляются к деловому общению?
4. По каким аспектам мы оцениваем культуру речи каждого человека?

5. Почему наши тексты должны соответствовать коммуникативным качествам речи?

## **Раздел 2. Современный русский язык. Типология языковых норм**

1. Как соотносятся понятия «язык» и «речь»?
2. Как можно охарактеризовать современный русский язык?
3. Какие разновидности выделяются в национальном русском языке?
4. Что такое литературный язык? Как это понятие соотносится с литературно-художественным стилем?
5. Перечислите типы языковых норм. Что такое императивная и диспозитивная норма?

## **Раздел 3. Стилистика русского языка. Официально-деловой стиль**

1. Перечислите функциональные стили, которые выделяются в современном русском языке. Дайте им краткую характеристику.
2. Каковы основные стилевые и языковые особенности официально-делового стиля?
3. Какие требования предъявляются к оформлению документов?

Часть тем дается на самостоятельное изучение с опорой на список предложенной литературы. Перечень и тем их количество определяется формой обучения.

### *Очная форма*

1. Общая характеристика функциональных стилей
2. Научный стиль русского языка
3. Силевая, языковая и жанровая специфика научного стиля

## **Подготовка к практическому занятию**

Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, с которым предстоит работа на занятии, или отработку навыков, проверка которых состоится непосредственно в аудитории (например, выполнение аналогичных, однотипных заданий). Здесь же можно отметить еще один вид СРО – это **выполнение самостоятельного письменного домашнего задания**.

К первому практическому занятию студенты самостоятельно готовят задания, посвященные лексикографии:

*Меленкова Е. С.* Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 – «Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – С. 4-10.

Особое внимание при подготовке уделяется заданию 4, которое выполняется письменно.

К Разделу 2 по указанному выше пособию необходимо сделать следующие упражнения самостоятельно в качестве тренировки и отработки навыков владения нормами литературного русского языка:

- Зад. 5-12 стр. 10-19 (орфографические и пунктуационные нормы)
- Зад. 13-15 стр. 19-20 (акцентологические нормы)
- Зад. 16-20 стр. 20-23 (орфоэпические нормы)
- Зад. 21 стр. 23 (словообразовательные нормы)
- Зад. 22-29 стр. 23-26 (лексические нормы)

Зад. 30-40 стр. 27-31 (морфологические нормы)

Зад. 41-44 стр. 31-34 (синтаксические нормы)

При выполнении заданий рекомендуется обращаться к словарям и справочникам. В указанном учебном пособии есть отсылки к необходимой литературе.

Часть этих упражнений преподаватель на свое усмотрение предлагает в качестве самостоятельного письменного домашнего задания.

К Разделу 3 по указанному пособию необходимо сделать следующую работу самостоятельно:

Стр. 35-37 – конспект

Зад. 45 стр. 38-40, зад. 47 стр. 41-47 (в качестве подготовки к тестированию)

Стр. 47-50 – конспект

Зад. 48 стр. 50-56 (по вариантам в сильных группах)

Стр. 77-82 – конспект

Зад. 53 стр. 82-83, зад. 54 стр. 83-84 (в качестве подготовки к разноуровневым заданиям).

### **Подготовка к дискуссии**

Дискуссия – это целенаправленное обсуждение конкретного вопроса, сопровождающееся обменом мнениями, идеями между двумя и более лицами. Задача дискуссии – обнаружить различия в понимании вопроса и в споре попытаться установить истину. Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и другой, которая не имеет общепринятого, однозначного решения) происходит в аудитории коллективно. Дискуссия позволяет включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса в рамках актуальной проблематики, оценить их умение формулировать и аргументировать собственную точку зрения.

При подготовке к дискуссии необходимо выбрать актуальную тему, разбиться на три группы 1) те, кто будет отстаивать точку зрения «ЗА», 2) те, кто будет приводить контраргументы и отстаивать позицию «ПРОТИВ», и 3) сторонние наблюдатели, которые будут оценивать происходящее и объяснять, почему они склоняются в итоге к мнению первой или второй команды. Первые две группы готовят тексты своих выступлений заранее. Также заранее можно сформулировать вопросы, которые будут корректироваться по ходу дискуссии.

### **Подготовка к зачету**

Зачет является традиционной формой проверки знаний, умений и навыков, сформированных у студентов в процессе освоения всего содержания изучаемой дисциплины.

Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: прежде всего нужно перечитать все лекции, конспекты, а также просмотреть материалы, которые самостоятельно готовились к лекциям или практическим занятиям. Поскольку зачет проходит в форме теста, можно предварительно потренироваться выполнять тестовые задания по дисциплине «Русский язык и культура речи».

Для подготовки к тесту рекомендуется использовать учебное пособие:

*Меленкова Е.С.* Культура речи и деловое общение: Тестовые задания для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011.

Тестовые задания позволяют обобщить полученные теоретические знания (часть заданий нацелена на проверку знания теории курса) и практические навыки (часть тестовых заданий составлена с опорой на упражнения, которые студенты выполняют при подготовке к занятиям).

## ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Основная литература

№ n/n	Наименование	Кол-во экз.
1	<i>Голуб И.Б.</i> Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон.текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 с. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/39711.html">http://www.iprbookshop.ru/39711.html</a>	Электронный ресурс
2	<i>Культура устной и письменной речи делового человека:</i> Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).	166
3	<i>Меленкова Е. С.</i> Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.	98
4	<i>Меленкова Е. С.</i> Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.	101

### 2. Дополнительная литература

№ n/n	Наименование	Кол-во экз.
1.	<i>Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.</i> Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)	216
2.	<i>Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.</i> Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.	19
3.	<i>Веселкова Т. В.</i> Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон.текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/54473.html">http://www.iprbookshop.ru/54473.html</a>	Электронный ресурс
4.	<i>Карякина М. В.</i> Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.	40
5.	<i>Лапынина Н. Н.</i> Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон.текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 с. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/22667.html">http://www.iprbookshop.ru/22667.html</a>	Электронный ресурс
6.	<i>Лыткина О. И.</i> Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон.текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/46332.html">http://www.iprbookshop.ru/46332.html</a>	Электронный ресурс
7.	<i>Меленкова Е. С.</i> Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.	38
8.	<i>Меленкова Е. С.</i> Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.	27
9.	<i>Миняева В. И.</i> Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.	20
10.	<i>Петрова Ю. А.</i> Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон.текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. –	Электронный ресурс



	190 с. – 5-476-003-476. – Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/1129.html">http://www.iprbookshop.ru/1129.html</a>	
11.	<i>Скворцов Л. И.</i> Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон.текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 с. – Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/14555.html">http://www.iprbookshop.ru/14555.html</a> . – ЭБС «IPRbooks».	Электронный ресурс
12.	<i>Усанова О. Г.</i> Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон.текстовые данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/56426.html">http://www.iprbookshop.ru/56426.html</a>	Электронный ресурс
13.	<i>Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.</i> Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.:Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания)	169

### **ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация <http://docs.cntd.ru/document/1200031361>).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gramota.ru>.
3. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gramma.ru>.
4. *Русский язык: энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://russkiyyazik.ru>.
5. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка(сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stylistics.academic.ru>.



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО**  
**«Уральский государственный горный**  
**университет»**

**О. В. Садырева, И. Г. Коршунов**

**Ф И З И К А**


***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***  
**ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**  
**ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ**

**Екатеринбург**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО  
Учебно-методическим советом УГГУ

Председатель совета

  
Упоров С.А.

## **ФИЗИКА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург, 2019

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры физики 26 марта 2019 года (протокол № 19) и рекомендованы для издания в УГГУ

ФИЗИКА. Методические указания для самостоятельной работы студентов всех направлений подготовки/Садырева О.В., Коршунов И.Г.; Урал.гос. горный ун-т.– Екатеринбург, 2019.– 29 стр.

Методические указания составлены в соответствии с программами по курсу физики для студентов всех направлений подготовки в УГГУ. Они содержат условия задач для самостоятельной работы, при выполнении контрольных работ студентами по следующим темам курса физики: механика; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; механические и электромагнитные колебания и волны; волновая и квантовая оптика; квантовая физика и физика атома; элементы ядерной физики. Также в них содержатся методические указания к решению задач, их оформлению, список рекомендуемой литературы и справочные данные, необходимые для решения задач.

## **ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются преподавателем в начале соответствующего семестра.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке указывается фамилия и инициалы студента, номер группы.
3. Условия задач в контрольной работе необходимо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставлять поля.
4. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, при решении которых допущены ошибки.
5. При решении задач необходимо пользоваться следующей схемой:
  - Внимательно прочитать условие задачи.
  - Выписать столбиком все величины, входящие в условие, и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
  - Если это возможно, представить условие задачи в виде четкого рисунка. Правильно сделанный рисунок – это наполовину решенная задача.
  - Уяснить физическую сущность задачи, установить основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи.
  - Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.
  - Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать по оси координат и записать в скалярной форме.
  - Решить задачу сначала в общем виде, то есть, в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
  - После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин их размерности, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.
  - Подставить в конечную формулу числовые значения, выраженные в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

- При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать  $3,52 \cdot 10^3$ , вместо 0,00129 записать  $1,29 \cdot 10^{-3}$  и т. п.
- Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
- Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями и комментариями.

## 1. МЕХАНИКА

1. Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.
2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением  $1,2 \text{ м/с}^2$ , останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?
3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.
4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.
5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?
6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой  $S = 800 + 8t - 0,5 t^2$ , м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободу вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол  $30^\circ$  с вектором ее линейной скорости?
8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.
9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.
10. На горизонтальной платформе шахтной клетки находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ , при спуске с ускорением  $9,8 \text{ м/с}^2$ .
11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол  $45^\circ$ . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.
12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона  $30^\circ$ . Коэффициент трения 0,3.
13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. = 736 Вт). Определить коэффициент трения.
14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ , если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна  $30^\circ$ .
15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона  $5^\circ$ .
16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой  $480 \text{ мин}^{-1}$ . Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.
17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки  $1,2 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом  $0,6 \text{ м}$ , жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен  $0,5$ .

19. Двигатель мощностью  $3 \text{ кВт}$  за  $12 \text{ с}$  разогнал маховик до  $10 \text{ об/с}$ . Найти момент инерции маховика.

20. Была произведена работа в  $1 \text{ кДж}$ , чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой  $8 \text{ с}^{-1}$ . Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?

21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу  $5 \text{ кг}$  и катятся со скоростью  $10 \text{ м/с}$  по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.

22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой  $80 \text{ кг}$  до  $180 \text{ об/мин}$ ? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром  $1 \text{ м}$ .

23. Ротор шахтного электродвигателя совершает  $960 \text{ об/мин}$ . После выключения он останавливается через  $10 \text{ с}$ . Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергии поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом  $0,4 \text{ м}$  и имеющий массу  $100 \text{ кг}$ , был раскручен до  $480 \text{ оборотов}$  в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через  $80 \text{ с}$ . Определить момент сил трения.

## **2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА**

26. Какой объем занимает  $1 \text{ кг}$  водорода при давлении  $10^6 \text{ Па}$  и температуре  $20^\circ\text{C}$ ? Молярная масса водорода  $2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью  $100 \text{ л}$ . Найти массу кислорода, если его давление  $12 \text{ МПа}$  и температура  $16^\circ\text{C}$ . Молярная масса кислорода  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .



28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет  $7 \cdot 10^5$  Па, а давление у воздухоприемников  $6 \cdot 10^5$  Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна  $27^\circ\text{C}$  и  $7^\circ\text{C}$ . Молярная масса воздуха равна  $0,029$  кг/моль.

29. Стальной баллон емкостью  $25$  л наполнен ацетиленом  $\text{C}_2\text{H}_2$  при температуре  $27^\circ\text{C}$  до давления  $20$  МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена израсходована, если давление в баллоне при температуре  $23^\circ\text{C}$  стало равным  $14$  МПа? Молярная масса ацетилена  $0,026$  кг/моль.

30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру  $15^\circ\text{C}$ . Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до  $450^\circ\text{C}$ . Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более  $9,8$  МПа? Начальное давление в баллоне  $4,8$  МПа.

31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем  $2600^\circ\text{C}$ , если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно  $10^5$  Па, а начальная температура  $17^\circ\text{C}$ ?

32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы  $100$  л воздуха в секунду при давлении  $1$  атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо  $100$  см<sup>3</sup> воздуха в секунду при давлении  $50$  атм?

33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти  $800^\circ\text{C}$ . До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление  $1$  атм, начальная температура  $80^\circ\text{C}$ ,  $\gamma=1,4$ ?

34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до  $10^{-15}$  мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме  $1$  см<sup>3</sup> при указанном давлении и температуре  $27^\circ\text{C}$ ?

35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана  $\text{CH}_4$  до взрыва и после него, если температура до взрыва равна  $20^\circ\text{C}$ , а после него  $2600^\circ\text{C}$ . Молярная масса  $0,016$  кг/моль.

36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре  $350$  К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в  $4$  г кислорода.

37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода  $\text{CO}$ , принимая этот газ за идеальный.
38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.
39. Какое количество теплоты для нагревания от  $50^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?
40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его  $47^\circ\text{C}$ , а объем увеличился в 10 раз.
41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от  $600^\circ\text{C}$  до  $2000^\circ\text{C}$ . Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны  $1,25 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$  и  $0,96 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ .
42. Определить мощность на валу компрессора производительностью  $25 \text{ м}^3$  в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.
43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя  $227^\circ\text{C}$ . Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.
44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится ежедневно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при  $9^\circ\text{C}$ . Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?
45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?
46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

### 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит  $0,02 \text{ Кл}$  заряда. Ширина ремня  $0,3 \text{ м}$ , скорость его движения  $20 \text{ м/с}$ . Какой заряд проходит каждую секунду через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?
48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом  $6 \cdot 10^3 \text{ км}$  и зная, что напряженность поля около поверхности равна  $100 \text{ В/м}$ .
49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора  $6 \text{ кВ}$ , заряд каждой пластины  $10 \text{ нКл}$ . Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними  $2 \text{ см}$ .
50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами  $15 \text{ кВ}$ , расстояние  $1 \text{ мм}$ , диэлектрик слюда ( $\epsilon = 6$ ), площадь каждой пластины  $300 \text{ см}^2$  ?
51. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от  $0,03 \text{ м}$  до  $0,1 \text{ м}$ ? Площадь пластин  $100 \text{ см}^2$ . Конденсатор подключен к источнику напряжения  $220 \text{ В}$ .
52. Камнедробилка должна работать под напряжением  $100 \text{ В}$ , потребляя ток в  $40 \text{ А}$ . Напряжение на электростанции  $120 \text{ В}$ , а расстояние до нее  $1 \text{ км}$ . Определить сечение медных соединительных проводов ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом м}$ ).
53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром  $1,5 \text{ мм}$  для изготовления спирали вулканизатора, применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали  $5,5 \text{ Ом}$ , а удельное сопротивление нихрома  $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом м}$ ?
54. Цена деления прибора  $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ А /дел}$ . Шкала прибора имеет  $200$  делений, его внутреннее сопротивление  $100 \text{ Ом}$ . Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до  $200 \text{ В}$  или ток до  $4 \text{ А}$ ?
55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре  $30^\circ \text{ С}$ . Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции  $400 \text{ м}$ . Площадь сечения проводов  $0,8 \text{ мм}^2$ ,  $\rho = 0,017 (\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м})$ ,  $\alpha = 0,0044 \text{ град}^{-1}$ .
56. ЭДС батареи  $12 \text{ В}$ , ток короткого замыкания  $5 \text{ А}$ . Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?
57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе  $5 \text{ А}$  она дает во внешнюю цепь мощность  $9,5 \text{ Вт}$ , а при токе  $8 \text{ А}$  мощность  $14,4 \text{ Вт}$ .

58. Ток в проводнике сопротивлением  $100 \text{ Ом}$  равномерно нарастает от  $0$  до  $10 \text{ А}$  в течение  $30 \text{ с}$ . Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $50 \text{ А}$ . Найти магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние  $5 \text{ см}$  от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи  $50 \text{ А}$  и  $100 \text{ А}$  в противоположных направлениях. Расстояние между проводами  $20 \text{ см}$ . Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на  $25 \text{ см}$  от первого и на  $40 \text{ см}$  от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром  $10 \text{ см}$ , если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на  $38^\circ$  при токе  $0,2 \text{ А}$ . Горизонтальная составляющая земного магнитного поля  $12,8 \text{ А/м}$ . Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли, если обмотка тангенс-буссоли имеет  $10$  витков радиусом  $25 \text{ см}$ . При токе  $0,64 \text{ А}$  стрелка отклоняется на угол  $45^\circ$ .

63. Плоский контур площадью  $20 \text{ см}^2$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $0,03 \text{ Тл}$ . Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол  $60^\circ$  с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром  $51 \text{ см}$  и вакуумным зазором  $2 \text{ мм}$ . Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида  $800$ .

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита, если проводник массой  $10 \text{ г}$  и длиной  $1 \text{ м}$  при токе в нем  $19,6 \text{ А}$  висит в поле, не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  движется проводник длиной  $10 \text{ см}$  со скоростью  $15 \text{ м/с}$ , направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит  $800$  витков. Площадь сечения сердечника  $15 \text{ см}^2$ , Индукция магнитного поля в сердечнике  $1,4 \text{ Тл}$ . Вычислить величину средней ЭДС, возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение  $0,001 \text{ с}$ .

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения  $10 \text{ см}^2$ , длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

#### 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника 0,56 м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с амплитудой 5 мм и частотой  $1500 \text{ мин}^{-1}$ . Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой  $45 \text{ мин}^{-1}$ . Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов  $1200 \text{ мин}^{-1}$ . Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота  $7 \text{ с}^{-1}$ .

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями:  $x = 0,5 \sin t$ ,  $y = 2 \cos t$ . Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону  $x = 5\sin 3140t$  (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340 м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний  $y = 0,1\sin 0,5\pi t$  (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет  $2,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону  $y = 10^{-6}\sin 10^4\pi t$  (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25 см, в момент времени  $10^{-4}$  с. Скорость волны  $5 \cdot 10^3$  м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см<sup>2</sup> и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см<sup>2</sup>.

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен  $2,5 \cdot 10^{-6}$  Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см<sup>2</sup> имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух

пластин площадью  $75 \text{ см}^2$  каждая, расстояние между пластинами  $5 \text{ мм}$ , диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $1,02 \text{ Гн}$  и конденсатора емкостью  $25 \text{ нФ}$ . На обкладках конденсатора сосредоточен заряд  $2,5 \text{ мкКл}$ . Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за  $1 \text{ мс}$  уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью  $2,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ . Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний  $1 \text{ МГц}$ ?

93. Катушка с индуктивностью  $30 \text{ мкГн}$  присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин  $0,01 \text{ м}^2$  и расстоянием между ними  $0,1 \text{ мм}$ . Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны  $750 \text{ м}$ .

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $80 \text{ пФ}$  и катушки индуктивностью  $0,5 \text{ мГн}$ . Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора  $300 \text{ В}$ . На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением  $U = 50 \cos 10^4 \pi t (\text{В})$ . Емкость конденсатора равна  $0,1 \text{ мкФ}$ . Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от  $12 \text{ пФ}$  до  $80 \text{ пФ}$  и катушки с индуктивностью  $1,2 \text{ мГн}$ . Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура  $0,5 \text{ мГн}$ . Какова должна быть емкость контура, чтобы он резонировал на длину волны  $300 \text{ м}$ ?

98. Катушка (без сердечника) длиной  $50 \text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $3 \text{ см}^2$  имеет  $1000$  витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью  $75 \text{ см}^2$  каждая, расстояние между пластинами  $5 \text{ мм}$ , диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости  $2 \text{ мкФ}$  получить частоту  $1000 \text{ Гц}$ ?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по  $100 \text{ см}^2$  каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10 м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

## 5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

102. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга 1 мм, расстояние от щелей до экрана 3 м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.

103. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.

104. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?

105. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластинки освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей  $0^\circ$ , длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.

106. Плосковыпуклая линза ( $n=1,5$ ) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете ( $\lambda=600 \text{ нм}$ ).

107. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Ньютона в отраженном свете равен 3,6 мм?

108. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.

109. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен  $1^\circ$ . Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?



110. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$  мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

111. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?

112. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

113. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на 1 мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.

114. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.

115. Угол преломления луча света в жидкости равен  $35^\circ$ . Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.

116. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.

117. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен  $43^\circ$ . Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

118. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость распространения света в этом кристалле.

119. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до  $60^\circ$ ?

120. Температура «голубой» звезды  $3 \cdot 10^4 \text{K}$ . Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

121. Приняв температуру поверхности Солнца равной  $6000 \text{K}$ , определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

122. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен  $34 \text{ Вт}$ . Найти температуру печи, если площадь отверстия  $6 \text{ см}^2$ .

123. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна  $0,55 \text{ Дж}$ . Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?

124. Печь при температуре  $1100 \text{ K}$  посылает на измерительный прибор некоторое тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?

125. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны  $800 \text{ нм}$ . Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого  $100 \text{ см}^2$ , чтобы поддерживать его при постоянной температуре.

126. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с  $500 \text{ нм}$  на  $750 \text{ нм}$ . Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?

127. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна  $307 \text{ нм}$  и кинетическая энергия фотоэлектрона  $1 \text{ эВ}$ ?

128. Калий (работа выхода  $2 \text{ эВ}$ ) освещается монохроматическим светом с длиной волны  $509 \text{ нм}$ . Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

129. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно  $660 \text{ нм}$  и  $260 \text{ нм}$ .

130. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны  $500 \text{ нм}$ .

131. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом  $5 \text{ см}$ . Стенки лампы

отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

132. На поверхность площадью  $100 \text{ см}^2$  ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.

133. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно  $2,2 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$ . Сколько фотонов падает на  $1 \text{ см}^2$  за одну секунду?

## 6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМА

134. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна  $1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

135. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.

136. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

137. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

138. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона  $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ , масса протона  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

139. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?

140. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

141. Электрон, движущийся со скоростью  $6 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ , попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?

142. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51 МэВ.

143. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.

144. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоде трубки, составляет 0,85 скорости света.

145. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения ( $\lambda_{\text{мин}} = 77,6$  пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.

146. Частица в потенциальной яме шириной  $l$  находится в возбужденном состоянии ( $n=2$ ).

Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.

46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?

147. В одномерной потенциальной яме шириной  $l$  находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале  $l/4$ , равноудаленном от стенок ямы.

148. Вычислить величину момента импульса  $L$  орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.

149. Частица в потенциальной яме шириной  $l$  находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале  $l/4$ , равноудаленном от стенок ямы.

150. Определить возможные значения проекции момента импульса  $L_z$  орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.

151. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$

с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии ( $n=3$ ).

## 7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

152. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция  ${}_{38}\text{Sr}^{90}$  через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.

153. Сколько  $\beta$ -частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа  ${}_{11}\text{Na}^{24}$ , период полураспада которого составляет 15 часов?

154. Препарат  ${}_{92}\text{U}^{238}$  массой 1 г излучает  $1,24 \cdot 10^4$   $\alpha$ -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.

155. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.

156. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода  ${}_{53}\text{J}^{124}$  спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.

157. Сколько  $\beta$ -частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора  ${}_{15}\text{P}^{32}$  массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.

158. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?

159. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?

60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?

160. Дефект массы ядра  ${}_{7}\text{N}^{15}$  равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома. ( $m_{{}_1}\text{H}^1 = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}_0}\text{n}^1 = 1,00867$  а.е.м.).

161. Найти удельную энергию связи ядра  ${}_{6}\text{C}^{12}$ , если известно, что  $m_{{}_1}\text{H}^1 = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}_0}\text{n}^1 = 1,00867$  а.е.м.;  $m_{{}_{12}}\text{C}^6 = 12,00000$  а.е.м.

162. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 МэВ. ( $m_{{}_1}\text{H}^1 = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}_0}\text{n}^1 = 1,00867$  а.е.м.).

163. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода  ${}_{8}\text{O}^{16}$ , если  $m_{{}_1}\text{H}^1 = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}_0}\text{n}^1 = 1,00867$  а.е.м.;  $m_{{}_8}\text{O}^{16} = 15,99491$  а.е.м.

164. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома  ${}_{11}\text{Na}^{23}$ , если  $m_{{}_{11}}\text{Na}^{23} = 22,98977$  а.е.м.;  $m_{{}_1}\text{H}^1 = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}_0}\text{n}^1 = 1,00867$  а.е.м.

165. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра  ${}_{3}\text{Li}^7$ , если известно, что  $m_{{}_3}\text{Li}^7 = 7,01601$  а.е.м.;  $m_{{}_1}\text{H}^1 = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}_0}\text{n}^1 = 1,00867$  а.е.м.

166. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода  ${}^1_1\text{H}^1$  равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.

167. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра  ${}^5_5\text{B}^{11}$ , если известны следующие массы:  $m_{{}^5_5\text{B}^{11}} = 11,00931$  а.е.м.;  $m_{{}^1_1\text{H}^1} = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}^0_0\text{n}^1} = 1,00867$  а.е.м.

168. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра  ${}^{23}_{11}\text{Na}^{23}$ , если известны следующие массы:  $m_{{}^0_0\text{n}^1} = 1,00867$  а.е.м.;  $m_{{}^{23}_{11}\text{Na}^{23}} = 22,98977$  а.е.м.;  $m_{{}^{22}_{11}\text{Na}^{22}} = 21,99444$  а.е.м.

169. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра  ${}^4_2\text{He}^4$ , если известны массы:  $m_{{}^0_0\text{n}^1} = 1,00867$  а.е.м.;  $m_{{}^4_2\text{He}^4} = 4,00260$  а.е.м.;  $m_{{}^3_2\text{He}^3} = 3,01603$  а.е.м.

170. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра  ${}^{16}_8\text{O}^{16}$  ( ${}^{16}_8\text{O}^{16} \rightarrow {}^{15}_7\text{N}^{15} + {}^1_1\text{H}^1$ ).  $m_{{}^1_1\text{H}^1} = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}^{16}_8\text{O}^{16}} = 15,99491$  а.е.м.;  $m_{{}^{15}_7\text{N}^{15}} = 15,00011$  а.е.м.

171. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:  
 ${}^{27}_{13}\text{Al}^{27} + {}^4_2\text{He}^4 \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P}^{30} + {}^1_0\text{n}^1$ , если  $m_{{}^{27}_{13}\text{Al}^{27}} = 26,98154$  а.е.м.;  $m_{{}^4_2\text{He}^4} = 4,00260$  а.е.м.;  $m_{{}^{30}_{15}\text{P}^{30}} = 29,97263$  а.е.м.;  $m_{{}^1_0\text{n}^1} = 1,00867$  а.е.м.

172. Вычислить энергетический эффект ядерной реакции:  ${}^1_1\text{H}^2 + {}^1_1\text{H}^3 \rightarrow {}^4_2\text{He}^4 + {}^1_0\text{n}^1$ , если  $m_{{}^1_1\text{H}^2} = 2,01410$  а.е.м.;  $m_{{}^1_1\text{H}^3} = 3,01605$  а.е.м.;  $m_{{}^1_0\text{n}^1} = 1,00867$  а.е.м.;  $m_{{}^4_2\text{He}^4} = 4,00260$  а.е.м.

173. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция  ${}^3_2\text{He}^3 + {}^2_1\text{H}^2 \rightarrow {}^4_2\text{He}^4 + {}^1_1\text{H}^1$ . Вычислить энергию этой реакции. ( $m_{{}^3_2\text{He}^3} = 3,01603$  а.е.м.;  $m_{{}^2_1\text{H}^2} = 2,01410$  а.е.м.;  $m_{{}^4_2\text{He}^4} = 4,00260$  а.е.м.;  $m_{{}^1_1\text{H}^1} = 1,00783$  а.е.м.).

174. Вычислить энергию ядерной реакции  ${}^{14}_7\text{N}^{14} + {}^1_0\text{n}^1 \rightarrow {}^{14}_6\text{C}^{14} + {}^1_1\text{H}^1$ . ( $m_{{}^{14}_7\text{N}^{14}} = 14,00307$  а.е.м.;  $m_{{}^1_0\text{n}^1} = 1,00867$  а.е.м.;  $m_{{}^{14}_6\text{C}^{14}} = 14,00324$  а.е.м.;  $m_{{}^1_1\text{H}^1} = 1,00783$  а.е.м.).

175. Определить энергию ядерной реакции  ${}^6_3\text{Li}^6 + {}^2_1\text{H}^2 \rightarrow {}^4_2\text{He}^4 + {}^4_2\text{He}^4$ . ( $m_{{}^6_3\text{Li}^6} = 6,01513$  а.е.м.;  $m_{{}^2_1\text{H}^2} = 2,01410$  а.е.м.;  $m_{{}^4_2\text{He}^4} = 4,00260$  а.е.м.).

176. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра  ${}^{14}_6\text{C}^{14}$ ? Известны массы:  $m_{{}^{14}_6\text{C}^{14}} = 14,00324$  а.е.м.;  $m_{{}^1_0\text{n}^1} = 1,00867$  а.е.м.;  $m_{{}^{13}_6\text{C}^{13}} = 13,00335$  а.е.м.

177. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить  ${}^{12}_6\text{C}^{12}$  на три равные части. ( $m_{{}^{12}_6\text{C}^{12}} = 12,00000$  а.е.м.;  $m_{{}^4_2\text{He}^4} = 4,00260$  а.е.м.).

178. Определить энергию ядерной реакции  ${}_{20}\text{Ca}^{44} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_{19}\text{K}^{41} + 2\text{He}^4$ . ( $m_{{}_{20}\text{Ca}^{44}} = 43,95549$  а.е.м.;  $m_{{}_1\text{H}^1} = 1,00783$  а.е.м.;  $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$  а.е.м.;  $m_{{}_{19}\text{K}^{41}} = 40,96184$  а.е.м.)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

#### 8.1 Основная литература

1.	И.Г. Коршунов. Физика. – Екатеринбург: Ид-во УГГУ, 2014. – 341 с.
2.	В.И. Горбатов, В.Ф. Полев. Физика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ (Ч.1, 2012.-105 с.; Ч.2, 2013.-115 с.; Ч.3.- 2014.-147 с.)
3.	Михайлов В.К. Физика: учебное пособие/ Михайлов В.К.— Электрон. текстовые данные.- М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.-120 с.-Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/23753.html">http://www.iprbookshop.ru/23753.html</a> - ЭБС «IPRbooks».
4.	Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.-Электрон. текстовые данные.-М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.-144 с.-Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/62614.html">http://www.iprbookshop.ru/62614.html</a> -ЭБС «IPRbooks».
5.	Трофимова Т.М. Курс физики. Академия, 2010.- 560 с.

#### Дополнительная литература

1. И.Г. Коршунов. Основы физики.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 312 с.
2. Ветрова В.Т. Физика. Сборник задач: учебное пособие/ Ветрова В.Т.- Электрон. текстовые данные.- Минск: Вышэйшая школа, 2015.-446 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48021.html> -ЭБС «IPRbooks».
3. Чакак А.А. Физика. Краткий курс: учебное пособие для студентов очно-заочной формы обучения вузов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, для студентов факультета дистанционных образовательных технологий/ Чакак А.А., Летута С.Н. Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.-541 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30092.html> - ЭБС «IPRbooks».
4. Сарина М.П. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Часть 1. Механика: учебное пособие/ Сарина М.П.- Электрон. текстовые данные.- Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.- 187 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45392.html> - ЭБС «IPRbooks».



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Некоторые физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	$c$	$3.00 \cdot 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	$G$	$6.67 \cdot 10^{-11}$ м <sup>3</sup> /(кг·с <sup>2</sup> )
Число Авогадро	$N_A$	$6.02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Молярная газовая постоянная	$R$	8.31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	$k$	$1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Атомная единица массы	$1a.e.m.$	$1.660 \cdot 10^{-27}$ кг
Элементарный заряд	$e$	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	$m_e$	$9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	$m_p$	$1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	$\epsilon_0$	$8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	$h$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
	$\hbar$	$1.05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

### Приложение 2

#### Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Наименование	Приставка		Множитель	Приставка			Множитель
	Обозначение			Наименование	Обозначение		
	русское	международное			русское	международное	
экса	Э	E	$10^{18}$	деци	д	d	$10^{-1}$
пэта	П	P	$10^{15}$	санتي	с	c	$10^{-2}$
тера	Т	T	$10^{12}$	мили	м	m	$10^{-3}$
гига	Г	G	$10^9$	микро	мк	μ	$10^{-6}$
мега	М	M	$10^6$	нано	н	n	$10^{-9}$
кило	к	k	$10^3$	пико	п	p	$10^{-12}$
Гекто	г	h	$10^2$	фемто	ф	f	$10^{-15}$
Дека	да	da	$10^1$	атто	а	a	$10^{-18}$

*Примечание:* Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.)

## Единицы физических величин, имеющие собственные наименования

Величина	Единица	
	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Сила, вес	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Напряжение (механическое)	паскаль	Па
Модуль упругости	паскаль	Па
Работа, энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Частота колебаний	герц	Гц
Термодинамическая температура	кельвин	К
Разность температур	кельвин	К
Теплота, количество теплоты	джоуль	Дж
Количество вещества	моль	моль
Электрический заряд	кулон	Кл
Сила тока	ампер	А
Потенциал электрического поля, электрическое напряжение	вольт	В
Электрическая емкость	фарад	Ф
Электрическое сопротивление	ом	Ом
Электрическая проводимость	сименс	См
Магнитная индукция	тесла	Тл
Магнитный поток	вебер	Вб
Индуктивность	генри	Гн
Сила света	кандела	кд
Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Поток излучения	ватт	Вт
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	грэй	Гр
Активность изотопа	беккерель	Бк

## Внесистемные единицы

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	$10^3$ кг
	атомная единица массы	а.е.м.	$1.66 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Плоский угол	градус	...°	$1.74 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	...'	$2.91 \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	...''	$4.85 \cdot 10^{-6}$ рад
	град	град	$(\pi/200)$ рад
Объем, вместимость	литр	л	$10^{-3}$ м <sup>3</sup>
Длина	астрономическая единица	а.е.	$1.50 \cdot 10^{11}$ м
	световой год	св. год	$9.46 \cdot 10^{15}$ м
	парсек	пк	$3.08 \cdot 10^{16}$ м
Оптическая сила	диоптрия	Дптр	$1 \text{ м}^{-1}$
Площадь	гектар	Га	$10^4$ м <sup>2</sup>
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	
<i>Примечание:</i> Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками.			

## Плотность некоторых твердых тел

Твердое тело	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твердое тело	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Алюминий	2.70	Цезий	1.90
Барий	3.50	Каменная соль	2,2
Ванадий	6.02	Латунь	8,55
Висмут	9.80	Марганец	7,40
Железо (чугун, сталь)	7.88	Платина	21,4
Литий	0.53	Золото	19,3
Медь	8.93	Висмут	9,80
Никель	8.90	Уран	18,7
Свинец	11.3	Цинк	7.15
Серебро	10.5	Вольфрам	19,3

## Плотность некоторых жидкостей и газов

Жидкость (при 15° С)	Плотность, г./см <sup>3</sup>	Газ (при нормальных условиях)	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Вода ( дистиллированная при 4°С)	1.00	Водород	0.09
Глицерин	1.26	Воздух	1.29
Керосин	0.8	Гелий	0.18
Ртуть	13.6	Аргон	1,78
Масло (оливковое, смазочное)	0.9	Азот	1,25
Масло касторовое	0.96	Кислород	1.43
Сероуглерод	1.26		
Эфир	0.7		
Спирт	0.80		

Удельное сопротивление  $\rho$  некоторых материалов

Материал	Удельное сопротивление, Ом·м	Материал	Удельное сопротивление, Ом·м
Алюминий	$2,53 \cdot 10^{-8}$	Ртуть	$9,6 \cdot 10^{-7}$
Алюминий провод	$2,87 \cdot 10^{-8}$	Свинец	$2,08 \cdot 10^{-7}$
Бумага	$10^{15}$	Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Вода дистиллированная	$10^4$	Сталь литая	$1,3 \cdot 10^{-7}$
Вода морская	0,3	Сталь чистая	$1,01 \cdot 10^{-7}$
Вольфрам	$5,5 \cdot 10^{-8}$	Стекло	$10^{11}$
Графит	$3,9 \cdot 10^{-6}$	Стекло кварцевое	$10^{16}$
Железо чистое	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Угольные щётки	$4 \cdot 10^{-5}$
Железо	$8,7 \cdot 10^{-8}$	Цинк	$5,9 \cdot 10^{-8}$
Золото	$2,2 \cdot 10^{-8}$	Чугун серый	$1 \cdot 10^{-6}$
Константан	$5 \cdot 10^{-7}$	Никель	$8,7 \cdot 10^{-8}$
Масло парафиновое	$10^{14}$	Нихром	$1,12 \cdot 10^{-6}$
Магний	$4,4 \cdot 10^{-8}$	Олово	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Манганин	$4,3 \cdot 10^{-7}$	Платина	$1,07 \cdot 10^{-7}$
Медь	$1,72 \cdot 10^{-8}$	Медь провод	$1,78 \cdot 10^{-8}$

Приложение 8

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Ацетон	21,4	Парафин	2,0
Вакуум	1,0	Парафинированная бумага	2,0
Воздух	1,000594	Полиэтилен	2,2
Вода	81	Слюда	7,0
Вода дистиллированная	31	Спирт этиловый	25,1
Воск	7,8	Спирт метиловый	33,5
Керосин	2,0	Стекло	7,0
Масло	5,0	Фарфор	5,0
Масло трансформаторное	2,2	Эбонит	2,6

Приложение 9

Греческий алфавит

Обозначения букв	Название букв	Обозначения букв	Название букв
Α, α	Альфа	Ν, ν	ню
Β, β	Бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	Гамма	Ο, ο	омикрон
Δ, δ	Дэльта	Π, π	пи
Ε, ε	Эпсилон	Ρ, ρ	ро
Ζ, ζ	Дзета	Σ, σ	сигма
Η, η	Эта	Τ, τ	тау
Θ, θ	Тэта	Υ, υ	ипсилон
Ι, ι	Иота	Φ, φ	фи
Κ, κ	Каппа	Χ, χ	хи
Λ, λ	Ламбда	Ψ, ψ	пси
Μ, μ	Ми	Ω, ω	омега

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания к решению задач и выполнению домашних контрольных работ	3
1. Механика	4
2. Молекулярная физика и термодинамика	7
3. Электричество и магнетизм	10
4. Механические и электромагнитные колебания и волны	12
5. Волновая и квантовая оптика	15
6. Квантовая физика и физика атома	18
7. Элементы ядерной физики	19
Список литературы	23
Приложения	24



**Методические указания и контрольные задания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ**

Заведующий кафедрой

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Душин', written over a horizontal line.

В.А.Душин



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Общие правила работы в химической лаборатории .....	7
Правила техники безопасности при работе с химическими реактивами .....	7
Оказание первой медицинской помощи .....	8
Оформление лабораторного журнала .....	8
1. Периодичность изменения свойств оксидов и гидроксидов .....	9
1.1. Экспериментальная часть .....	11
1.2. Контрольные вопросы и задания .....	12
2. Химическая кинетика .....	14
2.1. Экспериментальная часть .....	16
2.2. Контрольные вопросы и задания .....	18
3. Химическое равновесие .....	19
3.1. Экспериментальная часть .....	20
3.2. Контрольные вопросы и задания .....	21
4. Ионные равновесия в растворах электролитов .....	23
4.1. Экспериментальная часть .....	25
4.2. Контрольные вопросы и задания .....	26
5. Реакции ионного обмена .....	27
5.1. Экспериментальная часть .....	29
5.2. Контрольные вопросы и задания .....	31
6. Гидролиз солей .....	32
6.1. Экспериментальная часть .....	34
6.2. Контрольные вопросы и задания .....	35
Список литературы .....	37

## ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры, геологи и геофизики сталкиваются с самыми разнообразными явлениями природы, химическими по своей сущности: быстрой выветриваемостью, окисляемостью, различной смачиваемостью горных пород, с особенностями воздушной среды под землей, с обводненностью горных выработок, агрессивностью рудничных вод. Поэтому им требуются более глубокие знания по химии, чем любому другому специалисту. Инженеры горнодобывающей отрасли способны справиться с современными задачами горно-металлургической и горно-химической промышленности только зная весь путь от разведки полезного ископаемого до его переработки. Физико-химическая некомпетентность горных инженеров и геологов является причиной недостатков в развитии горной науки, техники и технологии, бедственного экологического положения горных предприятий.

Роль химии в подготовке инженеров непрерывно возрастает в связи с необходимостью решения задач по снижению уровня потерь полезных компонентов и увеличению комплексности использования руд, рациональному применению вскрышных пород, очистке и использованию шахтных вод и сточных вод обогатительных фабрик, защите от коррозии бурового и горнодобывающего оборудования, заблаговременной дегазации угольных месторождений, применению физико-химических методов упрочнения грунтов, геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых.

В горном деле широко применяются химические материалы: химические растворы при бурении и тампонаже скважин, взрывчатые вещества при отбойке угля, руды и породы, химические добавки, препятствующие распылению угля и налипанию льда на конвейерную ленту, материалы для покрытия из пены, предохраняющей от промерзания участка разработки, компоненты для отвердевания закладочных смесей, огнетушащие составы, синтетические смолы для укрепления горных пород, реагенты для флотации и обогащения руд и большой ассортимент таких обычных химикатов как горючие и смазочные материалы, цемент, стекло, керамика, гидро-, термо- и электроизоляционные материалы, лаки, краски, пластмассы, резина.

Еще благодаря усилиям Д.И. Менделеева, химию, как одну из фундаментальных дисциплин, стали преподавать во всех высших школах России. Химия вместе с физикой и математикой составляет основу профессиональной подготовки специалистов высокой квалификации.

Будущие специалисты должны получить такой комплекс знаний по химии, который составит базу для успешного освоения последующих дисциплин и правильного использования материалов, применяемых в технике.

Теоретические разделы химии, такие как строение электронных оболочек атомов, основные виды химических связей, химическая кинетика и равновесие, окислительно-восстановительные потенциалы, водородный показатель, произведение растворимости, свойства комплексных соединений, позволяет правильно ориентироваться в вопросах, связанных непосредственно со свойствами и превращениями минералов и горных пород.

Горные породы и руды состоят из минералов. К минералам относят природные химические соединения. Неорганические минералы подразделяются на минеральные типы, названия которым присваиваются согласно классификации неорганических веществ и их номенклатуре. По химическому составу минералы подразделяют на:

- а) простые вещества (металлы, неметаллы),
- б) карбиды, нитриды, фосфиды, сульфиды, арсениды, селениды, оксиды, гидроксиды, галогениды и др.,
- в) соли кислородержащих кислот (силикаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты, карбонаты, сульфаты, нитраты, вольфраматы, молибдаты, хроматы, иодаты и др.).

Основа химической номенклатуры - русские названия химических элементов, приведенные в периодической системе Д.И. Менделеева, которые не всегда совпадают с латинскими названиями, например, гидрогениум - водород, оксигениум - кислород.

К неметаллам относят:

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, J, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B, H, остальные элементы - металлы.

Названия простых веществ состоят их одного слова - наименования химического элемента с числовой приставкой, например: O<sub>3</sub> - трикислород, P<sub>4</sub> - тетрафосфор, S<sub>8</sub> - октасера.

Используют также числовые приставки:

1 - моно	7 - гепта
2 - ди	8 - окта
3 - три	9 - нона
4 - тетра	10 - дека
5 - пента	11 - ундека
6 - гекса	12 - додека

В химических формулах сложных веществ на первом месте (слева) всегда записывают формульные обозначения электроположительных составляющих, а за ними указывают формульные обозначения электроотрицательных составляющих. Например,  $\text{PCl}_3$ .

Названия сложных веществ составляются по их химических формулам справа налево. Они складываются из двух слов - названий электроотрицательных составляющих (условных или реальных катионов) в именительном падеже и электроположительных составляющих (условных или реальных катионов) в родительном падеже, например:  $\text{PCl}_3$  - трихлорид фосфора,  $\text{CO}$  - монооксид углерода.

Названия одноэлементных анионов оканчиваются на -ид, а названия многоэлементных анионов - на -ат.

Для построения названий сложных веществ используются корни (иногда усеченные) русских названий элементов, например, бериллий - бериллий, молибден - молибдат, фосфор - фосфид и фосфат. Традиционно применяются корни латинских названий для элементов: серебро, мышьяк, золото, углерод, медь, железо, ртуть, марганец, азот, никель, свинец, сера, сурьма, кремний, олово:

Ag - аргентат	N - нитрид, нитрат
As - арсенат, арсенат	Ni - никелат
Au - аурат	Pb - плюмбат
C - карбид, карбонат	S - сульфид, сульфат
Cu - купрат	Sb - стибид (антимонид), стибат
Fe - феррат	Si - силицид, силикат
Hg - меркурат	Sn - станнат
Mn - манганат	

В названиях сложных веществ употребляются как числовые приставки, так и степени окисления катиона (обычно металлического) при точно известном заряде аниона, например,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  - декаоксид тетрафосфора,  $\text{V}_2\text{O}_5$  - оксид ванадия (V),  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  - гидроксид висмута (III).

Названия кислот и кислотных остатков приводятся в учебном пособии [1]. Названия кислотных остатков используют построения названий солей. Соли - продукты реакций нейтрализации. Соли, содержащие кислотные остатки с незамещенными атомами водорода, - к и с л ы е соли. Соли, содержащие гидроксид-ионы, называют о с н о в н ы м и солями.

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  - дигидрофосфат кальция

$\text{KHSO}_4$  - гидросульфат калия

$\text{FeOH}(\text{NO}_3)_2$  - гидроксонитрат железа (III)

$(\text{CaOH})_2\text{SO}_4$  - гидроксосульфат кобальта (II)

$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$  - дигидроксид-карбонат димеди

Если соли содержат два разных катиона, то их называют

д в о й н ы м и.

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  - сульфат алюминия-калия

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  - карбонат магния-кальция

## ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Прежде чем приступить к работе по данной теме, следует изучить ее по описанию, уяснить цель задания и план его выполнения.

Не загромождайте рабочее место портфелями, свертками, сумками, перчатками и т.п. Для них отведены специальные этажерки. На рабочем столе должны находиться только необходимые приборы и лабораторный журнал.

Работайте тщательно, аккуратно, без лишней торопливости, соблюдайте в лаборатории тишину.

Внимательно наблюдайте за ходом опыта, отмечая и записывая каждую его особенность.

Категорически запрещается в лаборатории принимать пищу, пробовать химические вещества на вкус.

Без указания преподавателя не проводите никаких дополнительных опытов.

После окончания работы вымойте использованную посуду, выключите воду, электрические приборы и приведите в порядок рабочее место.

## ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТИВАМИ

Для выполнения работ в лаборатории имеется определенный набор химических реактивов, часть которых размещается на лабораторных столах (водные растворы солей), а остальные - концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сухие соли, дурно пахнущие вещества - в вытяжных шкафах.

При использовании реактивов следует соблюдать следующие правила:

1. Не разрешается уносить реактивы из вытяжного шкафа на рабочее

место.

2. Сухие реактивы набирают чистым шпателем или ложечкой.
3. Для проведения опыта в пробирке брать сухое вещество в количестве, закрывающем дно пробирки, а раствора - не более  $1/6$  ее объема.
4. Избыток реактива нельзя высыпать (выливать) обратно в те склянки, из которых они были взяты.
5. Не следует путать пробирки от разных склянок. Крышки и пробки кладут на стол поверхностью, не соприкасающейся с реактивом.
6. При нагревании растворов в пробирке держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему месту.
7. При разбавлении концентрированных кислот вливать кислоту в воду, а не наоборот.
8. Остатки растворов, содержащих кусочки металлов, собирают в специальные склянки, находящиеся в вытяжных шкафах.

## ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

При порезах стеклом удаляют осколки из раны, смазывают края раны раствором йода и перевязывают бинтом.

При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место обрабатывают раствором перманганата калия, накладывают мазь от ожога.

При ожогах кислотами сразу промывают обожженное место большим количеством воды, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия.

При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть обожженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты и опять водой.

При попадании кислоты или щелочи в глаза немедленно промыть глаза в течение трех минут большим количеством воды, а затем раствором гидрокарбоната натрия или борной кислоты.

## ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ЖУРНАЛА

Каждый студент должен иметь лабораторный журнал - отдельную тетрадь для записей.

В лабораторном журнале студент выполняет отчеты по лаборатор-

ным работам, домашние задания, решает задачи, отвечает на контрольные вопросы.

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе студент заносит в лабораторный журнал непосредственно после выполнения опыта.

Отчеты по выполненным лабораторным работам должны содержать:

- 1) название лабораторной работы,
- 2) названия всех проделанных опытов,
- 3) после названия опыта записывается уравнение проделанной реакции, в котором указываются осадки ( $\downarrow$ ) и их окраска, газы ( $\uparrow$ ), изменения окраски растворов,
- 4) задания, указанные в методическом руководстве,
- 5) выводы по каждому опыту и общий вывод по работе.

## 1. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ

Цель работы - изучение изменения кислотно-основных свойств гидроксидов в периодах и группах периодической системы Д.И. Менделеева.

Периодическая система Д.И. Менделеева - естественная система химических элементов, созданная на основе периодического закона.

Положение элемента в периодической системе определяет физико-химические свойства соответствующих им простых веществ и химических соединений.

Периодичность свойств химических соединений удобно проследить на примере оксидов и гидроксидов. Оксиды и гидроксиды относятся к основным порообразующим минералам, они широко распространены и составляют 17% от массы земной коры.

В табл.1.1. приведены наиболее часто встречающиеся реакции взаимодействия оксидов и гидроксидов с водой.

Кислотно-основные свойства соединений можно объяснить на основе электростатических представлений. Ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроксидов связано с изменением поляризующего действия элемента, образующего гидроксид, на группу ОН. Поляризующее действие катиона сильно зависит от его строения и может быть охарактеризовано следующими закономерностями:

- 1) Поляризующее действие иона очень быстро возрастает с увеличением его заряда;

Таблица 1.1

## Кислотно-основные реакции оксидов и гидроксидов

Тип оксида (гидроксида)	Типичная реакция
Сильно - кислый	$\text{SO}_3(\text{г}) + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-}(\text{р}) + 2\text{H}^+(\text{р})$
Слабо - кислый	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{р}) + \text{H}^+(\text{р})$
Амфотерный	$\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{к}) \Rightarrow \begin{cases} \xrightarrow{\text{H}^+(\text{р})} \text{Zn}^{2+}(\text{р}) + \text{H}_2\text{O} \\ \xrightarrow{\text{OH}^-(\text{р})} [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}(\text{р}) \end{cases}$
Слабо - основной	$\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{к}) \rightleftharpoons \text{FeOH}^+(\text{р}) + \text{OH}^-(\text{р})$
Сильно - основной	$\text{Li}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Li}^+(\text{р}) + 2\text{OH}^-(\text{р})$

2) большое значение имеет строение внешней электронной оболочки, по этому признаку катионы разделяются на ионы с незаконченным внешним слоем, переходным от 8-электронного и 18-электронному ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) и ионы с 18-электронным внешним слоем ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ );

3) при сходном строении внешней электронной оболочки и равном заряде поляризующее действие иона возрастает по мере уменьшения его радиуса.

Итак, ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроокисей связано с увеличением поляризующего действия катиона, т.е. с убыванием его радиуса и возрастанием положительной степени окисления, а также с увеличением числа внешних электронов. Например, если катион имеет малый заряд сравнительно большой радиус, его электростатическое притяжение к группе  $\text{OH}^-$  невелико и  $\text{OH}^-$  выступает в гидроксиде как единое целое. Поэтому типичными основаниями являются гидроксиды элементов, находящихся в главных подгруппах I и II групп периодической системы ( $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ), а также  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

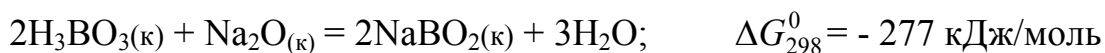
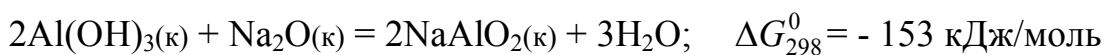
По мере увеличения поляризующего действия катиона возрастает ковалентность связей элемент-кислород и усиливается ионный характер связей  $\text{O} - \text{H}$ . Основные свойства гидроксидов ослабляются и появляются кислотные свойства. Из элементов II группы бериллий и цинк дают амфо-



дают атмосферные гидроксиды, в (III) группе амфотерны гидроксиды алюминия, галлия, индия. Амфотерность характерна для большинства элементов четвертой группы периодической системы.

Когда катион имеет большой положительный заряд и малый радиус (что типично для неметаллов), усиление его поляризующего действия приводит к тому, что водород становится подвижным и преобладает диссоциация по кислотному типу. Среди элементов третьей группы гидроксид бора - типичная кислота. В четвертой группе кислотами являются гидроксиды углерода и кремния, однако, эти кислоты еще очень слабые. Гидроксиды многих элементов с максимальной степенью окисления пятой, шестой, седьмой групп - сильные кислоты.

Способность веществ к взаимодействию определяется изменением изобарно-изотермического потенциала ( $\Delta G$ ) химической реакции. Чем меньше алгебраическая величина энергии Гиббса химического процесса, тем больше вероятность ее протекания в данном направлении.



Увеличение отрицательного значения  $\Delta G_{298}^0$  свидетельствует об усилении кислотных свойств гидроксида бора  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

## 1.1. Экспериментальная часть

### ОПЫТ 1. Гидроксиды магния и кальция

Поместите в пробирку небольшое количество оксида магния или кальция и прибавьте 5 мл воды. Взболтайте содержимое пробирки и испытайте реакцию среды 1-2 каплями фенолфталеина. Составьте уравнение реакции взаимодействия оксида с водой. Сделайте вывод о характере гидроксида.

### ОПЫТ 2. Получение и свойства гидроксида алюминия

В пробирку налейте 2 мл раствора соли алюминия и прибавьте примерно такой же объем раствора гидроксида аммония. Содержимое пробирки распределите в две пробирки. В одну из пробирок при взбалтывании прилейте по каплям разбавленный раствор серной кислоты до полного рас-

творения осадка. Во вторую пробирку прилейте разбавленный раствор гидроксида натрия также до полного растворения осадка. Составить уравнение реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида алюминия.

#### ОПЫТ 3. Двуокись углерода

Налейте в пробирку несколько мл воды и прибавьте 1-2 капли индикатора. Пропустите из аппарата Киппа в воду двуокись углерода до изменения окраски индикатора. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

#### ОПЫТ 4. Гидроксид кремния

В пробирку поместите раствор силиката натрия и пропустите через него углекислый газ из аппарата Киппа, при этом наблюдайте образование осадка гидроксида кремния. Напишите уравнение реакции. Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксида кремния.

#### ОПЫТ 5. Оксид фосфора (V)

В пробирку поместите немного фосфорного ангидрида и добавьте несколько мл воды. Наблюдайте растворение, встряхивая пробирку. Испытайте реакцию среды индикаторами. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

#### ОПЫТ 6. Гидроксиды олова (II) и свинца (II)

а) Налейте в пробирку 2 мл раствора хлорида олова. Добавьте по каплям разбавленный раствор щелочи до образования осадка. Содержимое пробирки разделите на две части. Подействовать на одну концентрированным раствором щелочи, а на другую - соляной кислотой. Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида олова.

б) Такой же опыт проделать с раствором соли азотнокислого свинца. На полученный гидроксид свинца подействовать азотной кислотой и щелочью. Почему для растворения гидроокиси свинца нельзя воспользоваться соляной или серной кислотами? Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида свинца.

### 1.2. Контрольные вопросы и задания

1. Сравнив результаты опытов, сделайте вывод, как изменяется характер гидроксидов элементов: Mg, Al, Si, P в третьем периоде слева

направо. Чем объясняется это изменение характера гидроксидов? Как оно связано с изменением металлических свойств элементов?

2. По результатам опытов сделайте вывод об изменении кислотно-основных свойств гидроксидов элементов: С, Si, Sn, Pb в главных подгруппах сверху вниз. Как увязать такое изменение характера гидроксидов с возрастанием порядкового номера элемента и изменением металлических свойств элементов?

3. Запишите кислородные соединения марганца со степенями окисления II, IV, VI, VII и покажите, как с увеличением степени окисления изменяется характер оксидов и соответствующих им гидроксидов.

4. Укажите, какая из сравниваемых двух кислот  $\text{H}_2\text{SO}_3$  или  $\text{H}_2\text{SO}_4$  является более сильной и как объяснить такое явление.

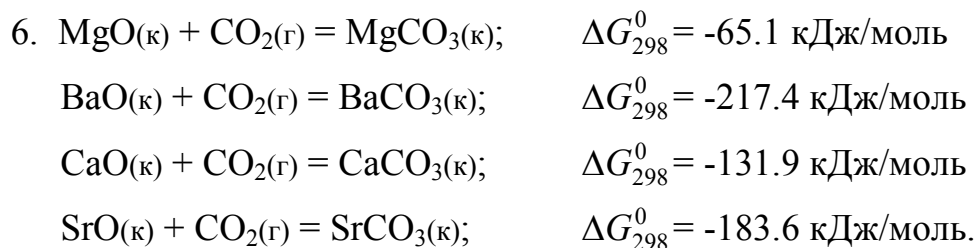
5. Какой из галогенов имеет наибольшее сродство к натрию, если энергия Гиббса для галогенидов натрия имеет следующую величину (кДж/моль):

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaJ} = -237.2,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaBr} = -347.7,$$

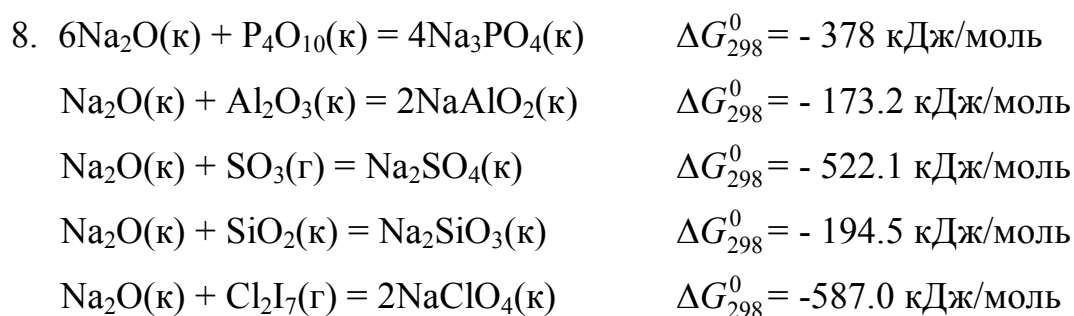
$$\Delta G_{298}^0 \text{NaCl} = -384.0,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaF} = -541.0.$$



Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значением  $\Delta G_{298}^0$  образования рассматриваемых карбонатов из оксидов?

7. Как изменяется сила кислот в ряду  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{SeO}_4 - \text{H}_2\text{TeO}_4$  ?



Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значениями  $\Delta G_{298}^0$  образования рассматриваемых солей из оксидов?

9. Укажите, какое из рассматриваемых двух соединений является более сильным основанием: а) гидроксид натрия или гидроксид цезия; б) гидроксид бария или гидроксид кальция? Объясните это изменение характера гидроксидов, исходя из расположения элементов в таблице Д.И. Менделеева.

## 2. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Ц е л ь р а б о т ы - изучение скорости химической реакции и ее зависимости от концентрации и температуры.

Раздел химии, изучающей скорость химических реакций, называется химической кинетикой.

Скорость химической реакции - это изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Зависимость скорости химической реакции выражается законом действующих масс: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции  $aA + bB = cC + dD$  скорость выразится уравнением:

$$v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b \quad (\text{для гомогенной системы}),$$

где  $v$  - скорость реакции;

$[A]$ ,  $[B]$  - молярные концентрации реагирующих веществ;

$k$  - константа скорости реакции

(при  $[A] = [B] = 1$  моль/л,  $k$  численно равна  $v$ ).

Для реакции  $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$  выражение скорости имеет следующий вид:

$$v = k \cdot [NO]^2 \cdot [O_2].$$

Гомогенная система состоит из одной фазы - между реагентами нет поверхности раздела. Гетерогенная система состоит из двух и более фаз. Реакция в гетерогенной системе осуществляется на поверхности раздела фаз. Скорость гетерогенной реакции не зависит от площади поверхности раздела фаз, так же как скорость гомогенной реакции не зависит от объема системы.

Концентрация твердого вещества принимается за единицу.

Зависимость скорости химической реакции от температуры описывается экспериментально найденным уравнением Вант-Гоффа:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

где  $v_{t_1}$ ,  $v_{t_2}$  - скорость реакции при температурах соответственно  $t_1$  и  $t_2$ ;

$\gamma$  - температурный коэффициент скорости реакции,  
равный обычно 2-4.

Эта зависимость может быть выражена в виде следующего правила: при увеличении температуры на каждые  $10^\circ$  скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза.

Зависимость скорости реакции от температуры более точно может быть выражена уравнением Аррениуса:

$$k = c \cdot e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}},$$

где  $k$  - константа скорости реакции;

$c$  - постоянная;

$E_{\text{акт}}$  - энергия активации;

$R$  - универсальная газовая постоянная (8.31 Дж/моль · К);

$T$  - абсолютная температура.

Из уравнения Аррениуса следует, что скорость реакции с повышением температуры увеличивается по закону экспоненты, однако интенсивность теплоотвода в конкретных условиях реакции может возрастать только линейно. В этом случае возможен скачкообразный переход от стационарного режима к нестационарному, быстрое ускорение - самовоспламенение, или цепной взрыв. По такому механизму происходят взрывы метана и угольной пыли в шахтах. Например, при повышении концентрации метана на несколько процентов достигается нижний предел взрываемости метана в воздухе, в тысячи раз ускоряется реакция окисления метана кислородом воздуха  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + Q$ . Концентрационные пределы взрываемости метана в воздухе от 5 до 15% по объему.

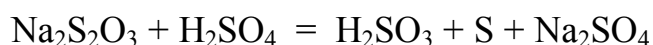
Одним из направлений в решении проблемы предупреждения взры-

вов метана и угольной пыли в шахтах, опасных по газу и пыли, является применение способов взрывозащиты, основанных на использовании распыленной воды или специальных химических соединений, которые играют роль отрицательных катализаторов (ингибиторов), теплопоглотителей в реакциях окисления углеводородов. Такие вещества носят общее название флегматизаторов горения. Этим свойством обладают гидрокарбонаты натрия и калия, гидрофосфаты аммония, бура и др.

## 2.1. Экспериментальная часть.

### ОПЫТ 1. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ.

Соли тиосерной кислоты устойчивы в твердом состоянии и в растворе. Тиосерная кислота неустойчива и при получении распадается самопроизвольно по реакции



с образованием сернистой кислоты и свободной серы.

Постановка опыта основывается на следующем: в результате реакции между серной кислотой и тиосульфатом натрия образуется сера, выделяющаяся в виде белой мути. Время от начала реакции до момента появления мути зависит от скорости этой реакции.

В три пробирки налить по 6 мл раствора серной кислоты.

В первую пробирку влить 6 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , быстро перемешать ее содержимое и одновременно включить секундомер. Отсчитать время ( $\tau$ ) до начала появления белой мути - коллоидной серы.

Во вторую пробирку влить смесь 4 мл раствора тиосульфата натрия и 2 мл воды. Наблюдать, через сколько секунд растворы сделаются мутными.

Результаты наблюдений записать по следующей форме, выразив значения скоростей реакций в условных единицах (десятичных дробях!) в виде  $\nu = 1/\tau$ , где  $\tau$  - время в секундах.

Относительная концентрация раствора тиосульфата натрия записана в условных единицах  $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \nu_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} / V_{\text{раствора}}$ , где  $V_{\text{раствора}}$  - общий объем раствора 12 мл. Тогда для первого случая  $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  50%, для второго - 33% и третьего - 17%, что соответствует значениям 3а, 2в, а.

№ опы-та	Объем в мл			Относит. концентр. $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$	Время до появления мути, $\tau$	$v = \frac{1}{\tau}$
	раствора $\text{H}_2\text{SO}_4$	раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O}$			
1	6	6	0	3а		
2	6	4	2	2а		
3	6	2	4	а		

Результаты измерений необходимо представить в виде графика. На ось абсцисс наносят значения относительных концентраций в виде трех точек, отстоящих от начала координат на а, 2а, 3а, где а - произвольно выбранный отрезок. Из каждой точки восстанавливается перпендикуляр, длина которого соответствует значениям скоростей реакции в условных единицах. Далее следует обдумать, каким образом, пользуясь верхними концами этих перпендикуляров, провести линию, характеризующую зависимость скорости реакции от концентрации. Подсказкой будет служить математическое выражение для скорости изучаемой реакции, которое нужно записать согласно закону действия масс.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

## ОПЫТ 2. Зависимость скорости реакции от температуры опыта

Налить в одну пробирку 5 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , а другую - 5 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Обе пробирки поместить в стакан с водопроводной водой. Спустя 5-7 минут измерить температуру воды и слить вместе содержимое обеих пробирок. Измерить время появления помутнения.

В две другие пробирки налить по 5 мл тех же растворов. Поместить пробирки в стакан с водой, нагретой на  $10^\circ$  выше, чем в предыдущем опыте. Через 5-7 минут слить содержимое пробирок. Измерить время до появления мути.

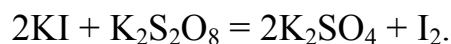
Повторить опыт, повысив температуру еще на  $10^\circ$ .

Результаты наблюдений выразить в виде графика, откладывая по оси абсцисс температуру опыта, по оси ординат - относительную скорость реакции.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от температуры.

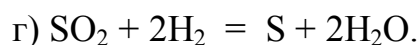
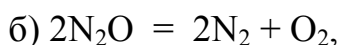
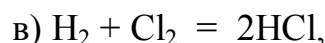
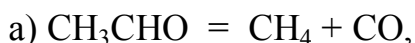
## 2.2. Контрольные вопросы и задания.

1. Реакция в водном растворе выражается уравнением:



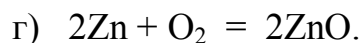
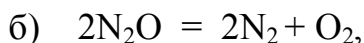
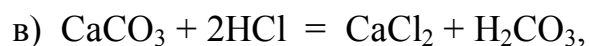
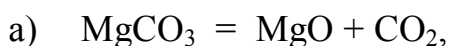
Как изменится скорость этой реакции при разбавлении реагирующей смеси в 2 раза?

2. Записать математические выражения для скорости следующих газовых реакций



Предсказать изменение скорости этих реакций при увеличении концентрации каждого из реагирующих веществ в 2 раза.

3. Записать выражения для скорости реакций



Как изменится скорость вышеуказанных реакций, если:

а) увеличить концентрацию исходных веществ в 2 раза;

б) увеличить давление в 2 раза.

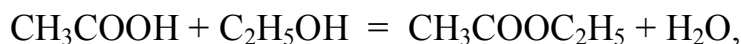
4. Срок хранения флотационного реагента, поступившего на обогательную фабрику, согласно техническим условиям составляет при температуре 20°C 2 месяца. Воспользовавшись правилом Вант-Гоффа, рассчитать срок годности этого флотореагента, если на складе фабрики поддерживается 0°C, а температурный коэффициент скорости разложения равен 2.

5. Во сколько раз изменится скорость реакции



если концентрация оксида азота уменьшится в 2 раза, а концентрация кислорода увеличивается в 2 раза?

6. Реакция протекает по уравнению



концентрацию  $\text{CH}_3\text{COOH}$  увеличили от 0.3 до 0.45 моль/л, а концентрацию  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  увеличили от 0.4 до 0.8 моль/л. Во сколько раз возросла скорость прямой реакции?



7. Кальцинированная сода (безводная  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) используется в виде раствора в качестве регулятора щелочности флотационного процесса. При температуре  $55^\circ\text{C}$  сода растворяется в 6 раз быстрее, чем при  $15^\circ$ . Рассчитать температурный коэффициент скорости растворения соды.

8. Для приготовления раствора силиката натрия требуемой плотности, используемого в качестве подавителя пустой породы, твердые прозрачные куски силикат-глыбы  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  загружают в воду: нагревают до  $95^\circ$  и ведут перемешивание в течение четырех часов. Какой срок потребуется для получения раствора необходимой концентрации, если поддерживать температуру  $90^\circ$  ( $\gamma = 2$ )?

### 3. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

**Ц е л ь р а б о т ы** - Изучение влияния концентрации на сдвиг химического равновесия.

Многие реакции идут не до исчезновения исходных веществ, а до состояния, не изменяющегося во времени, когда в реакционной смеси можно обнаружить как исходные вещества, так и продукты реакции. Такое состояние системы называется химическим равновесием.

С термодинамической точки зрения состояние равновесия характеризуется тем, что система достигает минимального значения энергии Гиббса (при заданных температуре, давлении и общем составе).

С кинетической точки зрения при равновесии скорости процессов образования продуктов реакции из исходных веществ и исходных веществ из продуктов выравниваются. Скорость достижения равновесия в зависимости от природы процесса, условий, а также наличия подходящих катализаторов может варьировать от малых долей секунды до веков и тысячелетий.

Если равновесие достигнуто, то для реакции



называемая константой равновесия, принимает определенное значение. Константа равновесия зависит от температуры, но не зависит от конкретных количеств реагентов и порядка их взаимодействия.

Изменение равновесных концентраций при внешнем воздействии называется **с м е щ е н и е м х и м и ч е с к о г о р а в н о в е с и я**.

Основным законом, управляющим смещением равновесия, служит принцип Ле-Шателье: «Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, указываемую воздействием, до тех пор, пока нарастающее в системе противодействие не станет равно оказанному воздействию».

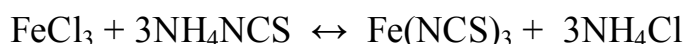
Внешним воздействием, смещающим равновесие, может быть изменение температуры, давления, концентрации одного или нескольких веществ, участвующих в реакции. «Смещение равновесия в сторону, указанную воздействием» означает, что при повышении давления преимущество получает процесс, ведущий к уменьшению объема, т.е. к тому же результату, что и само воздействие. Нагревание ведет к увеличению роли эндотермического процесса, т.е. процесса, увеличивающего запас энергии в системе (эндотермические реакции идут с поглощением тепла, а экзотермические - с его выделением).

Увеличение концентрации одного из веществ приводит к смещению равновесия в сторону расходования этого вещества.

### 3.1. Экспериментальная часть

#### ОПЫТ 1. Влияние концентрации веществ на смещение химического равновесия.

Реакция между хлоридом железа и тиоцианатом аммония протекает по уравнению:



Красная окраска образовавшегося раствора обусловлена содержанием в нем тиоцианата (роданида) железа. По изменению интенсивности этой окраски можно судить о направлении смещения равновесия при изменении концентрации какого-либо реагирующего вещества.

В одной пробирке приготовить смесь (по 4 мл) разбавленных растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{NH}_4\text{NCS}$ . Полученный окрашенный раствор разлить поровну в 4 пробирки.

В первую пробирку добавить 2 капли насыщенного раствора  $\text{FeCl}_3$ . Во вторую пробирку добавить несколько кристалликов  $\text{NH}_4\text{NCS}$  (или  $\text{KNCS}$ ). В третью пробирку всыпать немного твердой соли  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (или  $\text{KCl}$ ). Четвертую пробирку оставить для сравнения.

Записать уравнение химической реакции и выражение для константы

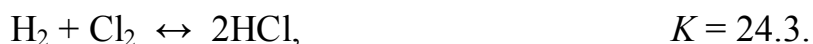
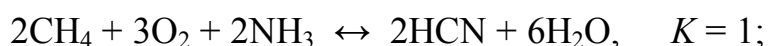
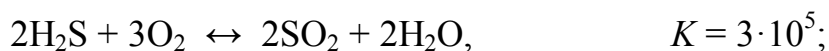
равновесия. Сделать выводы о влиянии концентрации веществ на смещение химического равновесия с использованием принципа Ле-Шателье.

### Форма записи

Что добавлено	Изменение интенсивности окраски	Смещение равновесия
1. FeCl <sub>3</sub>	более интенсивная	вправо
2. NH <sub>4</sub> NCS	.....	.....
3. NH <sub>4</sub> Cl	.....	.....

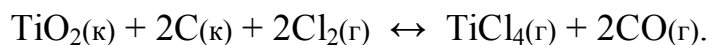
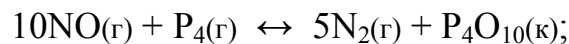
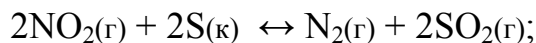
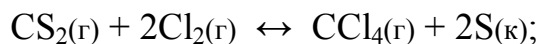
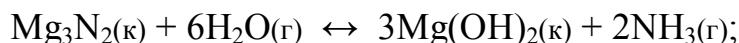
### 3.2. Контрольные вопросы и задания

1. К гомогенных химических системах при постоянных давлении и температуре установилось состояние равновесия:



По данным значениям констант равновесия укажите, реагенты или продукты будут преобладать в равновесной смеси веществ. На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

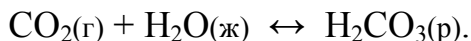
2. В гетерогенных химических системах установилось состояние равновесия:



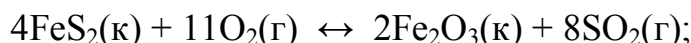
На основании закона действующих масс составьте выражения для

констант равновесия.

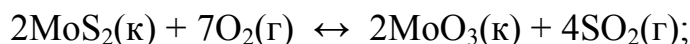
3. За последние 100 лет количество углекислого газа, поступающее за счет сжигания ископаемого топлива, возросло в 50 раз, а парциальное давление  $\text{CO}_2$  в атмосфере за это же время увеличилось в 1.2 раза. Объясните это соотношение, допустив, что  $\text{CO}_2$  поглощается океаном:



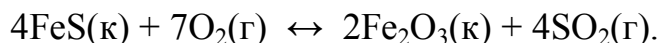
4. Рассчитать равновесный выход диоксида серы в реакциях окислительного обжига сульфидных минералов - пирита, молебденита, пирротина, если в состоянии равновесия количество  $\text{SO}_2$  равно 0.4 моль, а начальный объем  $\text{O}_2$  составлял 33.6 л (н.у.):



пирит



молибденит



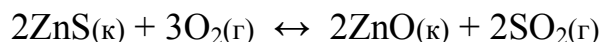
пирротин

5. Равновесный процесс, протекающий в подземных пещерах при образовании сталактитов и сталагмитов, можно описать уравнением



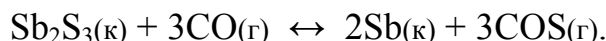
Напишите выражение для константы равновесия этого процесса. Укажите, в какую сторону сдвигается равновесие а) при улетучивании  $\text{CO}_2$ , б) испарении воды, в) увлажнении атмосферы в пещерах.

6. Состояние равновесия реакции окисления сфалерита



установилось при равновесной концентрации диоксида серы, равной 0.25 моль/л. Рассчитать исходную концентрацию кислорода.

7. В герметически закрытом сосуде объемом 0.25 л проводят реакцию восстановления антимонита



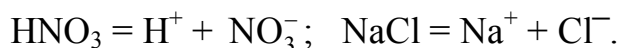
Равновесная концентрация каждого газообразного вещества равна 0.3 моль/л. Для смещения равновесия добавляют 0.1 моль  $\text{CO}$ . Определить новые равновесные концентрации  $\text{CO}$  и  $\text{COS}$ .

8. Определить, влево или вправо сместится положение равновесия



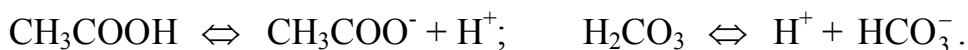
$C_0$  - исходная концентрация раствора, моль/л.

По величине степени диссоциации все электролиты делятся на сильные и слабые. К сильным относятся те электролиты,  $\alpha$  - степень диссоциации которых равна единица, т.е.  $C = C_0$ . Распад на ионы сильных электролитов протекает необратимо. В растворе сильного электролита не может быть недиссоциированных молекул.



К сильным электролитам относятся практически все соли, гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов и некоторые кислоты (например,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HClO}_4$ )

Степень диссоциации слабых электролитов меньше единицы ( $C < C_0$ ). Их ионизация протекает обратимо:



Константу равновесия электролитической диссоциации слабого электролита называют константой диссоциации. Например, при 298 К

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{C_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot C_{\text{H}^+}}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

$$K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{HCO}_3^-}}{C_{\text{H}_2\text{CO}_3}} = 4.4 \cdot 10^{-7}.$$

Из величин констант видно, что угольная кислота по первой ступени электролит более слабый, чем уксусная кислота.

Степень и константа ионизации слабого электролита связаны зависимостью (закон Оствальда):

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C_0}{1 - \alpha}.$$

Если степень ионизации электролита значительно меньше единицы, то уравнение можно записать  $K = \alpha^2 \cdot C_0$ , откуда следует, что  $\alpha$  возрастает с разведением раствора.

В чистой воде кроме молекул  $\text{H}_2\text{O}$  содержатся протоны и гидроксид-ионы, при этом

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л (25}^\circ \text{C)}.$$

Содержание протонов и гидроксид-ионов выражают также через водород-

ный показатель  $pH = 1g [H^+]$ . При  $pH = 7$  среду водного раствора называют нейтральной, при  $pH < 7$  - кислотной и при  $pH > 7$  - щелочной.

Каковы пределы значений  $pH$  в природе? Рудничные воды выветривающихся колчеданных месторождений, содержащие свободную серную кислоту, имеют  $pH$  около 2, а воды окисляющихся месторождений самородной серы в песчаниках - еще ниже. Воды кратерных озер имеют  $pH$  1-3, торфяных болот около 4, буроугольных месторождений около 5,  $pH$  дождевой воды примерно 5.5. Обычные грунтовые воды имеют  $pH$  6.5 - 8.5, морская вода (в зависимости от времени года, ее температуры, количества растворенной в ней углекислоты, органических кислот, привнесенных реками) колеблется от 8.2 до 8.5. В содовых озерах  $pH$  достигает 9-10.

#### 4.1. Экспериментальная часть

##### ОПЫТ 1. Сравнение относительной силы кислот

В одну пробирку наливают 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты, в другую - столько же раствора соляной кислоты той же концентрации. В обе пробирки добавляют небольшое количество мелко измельченного известняка. Взбалтывая пробирки с содержимым, наблюдать, одинаково ли быстро растворяется  $CaCO_3$  во взятых кислотах.



Интенсивность выделения  $CO_2$  при этой реакции служит относительным индикатором концентрации водородных ионов. Рассчитайте, во сколько раз концентрация протонов в растворе  $HCl$  больше, чем в растворе  $CH_3COOH$ , если  $K_{CH_3COOH} = 1.8 \cdot 10^{-5}$ .

Напишите уравнения диссоциации обеих кислот.

##### ОПЫТ 2. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабой кислоты.

К 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты в двух пробирках прибавьте 2 капли метилоранжа. Отметьте окраску индикатора. Добавьте при перемешивании в одну пробирку несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Как изменился  $pH$  раствора? Объясните изменение  $pH$ , применяя правило Ле Шателье и используя выражение константы диссоциации  $CH_3COOH$

### ОПЫТ 3. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабого основания.

В две пробирки наливают по 1-2 мл 2М раствора гидроксида аммония и по 2 капли фенолфталеина. В одну из пробирок добавляют при перемешивании несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Объясните причину наблюдаемого изменения окраски на основании уравнения диссоциации  $\text{NH}_4\text{OH}$ , принципа Ле Шателье и константы диссоциации  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

### ОПЫТ 4. Определение характера диссоциации гидроксидов

В три пробирки наливают по 2-3 мл растворов: в 1-ю - силиката натрия, во 2-ю - сульфата никеля, в 3-ю - сульфата цинка. До начала выпадения осадков гидроксидов добавляют по каплям в 1-ю - раствор серной кислоты, а во 2-ю - раствор гидроксида натрия.

Содержимое каждой пробирки взбалтывают и разливают каждый осадок гидроксидов на две пробирки. В одну пробирку добавляют разбавленной кислоты, а в другую концентрированной щелочи. На основании наблюдений за растворением осадков кремниевой кислоты, гидроксида никеля и гидроксида цинка в кислоте и щелочи сделайте вывод о кислотно-основном характере электролитической диссоциации этих гидроксидов.

Напишите уравнения диссоциации гидроксидов.

## 4.2. Контрольные вопросы и задания

1. Присутствие каких ионов можно ожидать в водном растворе сернистой кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ? Запишите выражения для констант диссоциаций этой кислоты.
2. Почему константа электролитической диссоциации служит более удобной характеристикой, чем степень диссоциации?
3. Объясните, почему соли являются сильными электролитами. На примере  $\text{NaHCO}_3$  укажите характер химических связей, по которым электролитическая диссоциация протекает в водном растворе: а) практически полностью; б) частично; в) отсутствует.
4. Укажите, корректно ли сопоставлять такие свойства, как растворимость вещества и способность его к электролитической диссоциации.
5. В практике флотации используются процессы с низкими и высо-



кими значениями рН флотационной пульпы. Можно ли приготовить растворы с рН 0, -1, -2, 14, 15, 16?

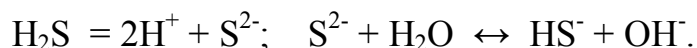
6. Вычислите концентрацию ионов водорода в 1М (9.45 %-ном) растворе серной кислоты, рН которого - 0.005. Объясните полученный результат.

7. В Первоуральске выпал кислотный дождь, водородный показатель которого равен 2.5. Во сколько раз превышена концентрация иона водорода, если обычная дождевая вода имеет рН = 5.5?

8. Шахтные воды Кизеловского бассейна содержат 0.01 г/л ионов водорода. Рассчитайте водородный показатель этих вод, концентрацию  $\text{OH}^-$  ионов. Укажите, кислотный или щелочной характер имеют эти воды.

9. Во сколько раз уменьшится концентрация ионов водорода, если к 1 литру раствора уксусной кислоты с концентрацией 0.005 моль/л прибавить 0.05 моль ацетата натрия, считая, что концентрация недиссоциированных молекул уксусной кислоты, как и объем раствора остаются практически постоянными?  $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}$ .

10. Для оценки рН раствора сероводорода студент записал следующие уравнения:



Таким образом, студент сделал вывод, что среда щелочная. Найдите ошибки в его рассуждениях.

## 5. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

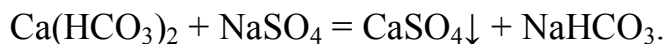
Ц е л ь р а б о т ы - выявление закономерностей протекания реакций ионного обмена в растворах электролитов.

Минералы и горные породы в условиях земной поверхности стремятся перейти в более устойчивые соединения. Известняки медленно растворяются в водах, содержащих углекислоту, образуя гидрокарбонат кальция. Грунтовые воды, содержащие  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , реагируют с сульфатно-хлоридно-магниевыми (морскими) водами. При этом осаждаются гипс и доломит:

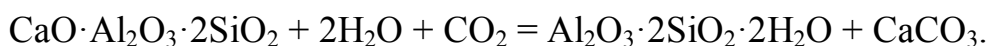


Так озера морского типа превращаются в озера континентального типа. Сульфатно-натриевые воды - результат выщелачивания горных по-

род, могут образовывать содовые озера.



Изверженные горные породы выветриваются, в полевых шпатах содержание алюминия увеличивается от ранних пород к поздним. При этом из них выносятся катионы щелочноземельных металлов. Например, из анорита образуется каолинит



В результате воздействия растворов, содержащих в повышенных концентрациях ионы  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , происходит доломитизация известняков



Если химическая реакция протекает, то она отличается следующими признаками:

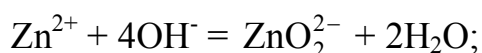
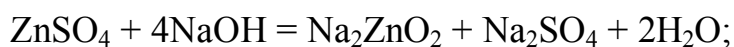
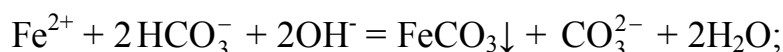
происходит образование осадка, или растворение осадка, или изменяется цвет осадка или раствора, или появляются пузырьки газа.

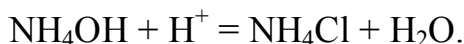
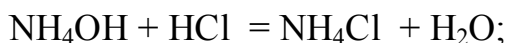
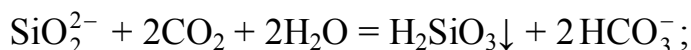
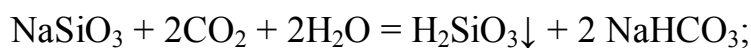
Сущность ионных реакций обмена сводится к соединению ионов в молекулы новых веществ. Равновесия ионных реакций в растворах смещаются в сторону образования слабых электролитов (слабых кислот, слабых оснований, воды) и сильных электролитов (осадков, летучих веществ).

Все кислые соли в воде растворяются, основные соли, как правило, нерастворимы.

В ионных уравнениях сильные, хорошо растворимые электролиты записываются в форме ионов, а слабые электролиты, газы и осадки - в виде молекул.

Рассмотрим следующие примеры реакций. Запишем их сначала в молекулярной форме, а затем в виде кратких ионных уравнений.





## 5.1. Экспериментальная часть

### ОПЫТ 1. Образование осадков

а) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида бария и добавляют в одну пробирку сульфата натрия, а в другую - нитрата калия. Написать молекулярное и ионное уравнения и сделать вывод, в каком случае соль реагирует с другой солью;

б) В две пробирки наливают по 2 мл раствора сульфата меди. В одну пробирку добавляют 1 мл очень разбавленный (1%-ный) раствор гидроксида натрия, а в другую - столько же разбавленного раствора той же щелочи. Написать молекулярные и ионные уравнения, указав окраску образующихся осадков и учитывая, что в первом случае образуется основной сульфат меди  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ . Сделайте вывод об условиях образования основной соли и гидроксида. Осадки сохранить для выполнения опыта 2б;

в) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида кобальта. В одну пробирку добавляют разбавленного раствора щелочи до образования синего осадка основной соли. Во вторую пробирку приливают еще столько же щелочи и нагревают с целью получения гидроксида кобальта розового цвета. Содержимое пробирок оставляют для проведения опыта 2в. Написать молекулярное и ионные уравнения, указав цвет осадков.

### ОПЫТ 2. Растворение осадков.

а) Наливают в пробирку известковую воду  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , через этот раствор пропускают углекислый газ из аппарата Киппа. Наблюдают образование белого осадка средней соли, продолжают пропускать пузырьки  $\text{CO}_2$  до растворения белого осадка и получения бесцветного прозрачного раствора кислой соли  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Написать молекулярные и ионные уравнения образования карбоната кальция и растворения его. Сделайте вывод об условии получения кислой соли.

б) В обе пробирки опыта 1б добавляют серной кислоты до растворения осадков. Написать молекулярные и ионные уравнения реакции растворения. Объяснить причину сдвига ионного равновесия;

в) Берут пробирки с осадками опыта 1в. В пробирку с синим осадком добавляют хлороводородной кислоты, в пробирку с розовым осадком - разбавленной щелочи. Напишите молекулярные и ионные уравнения. Наблюдать растворение одного из осадков. Дать объяснения наблюдениям.

### О П Ы Т 3. Образование газообразного вещества

Все сульфиты, растворимые и нерастворимые в воде, разлагаются минеральными кислотами с выделением диоксида серы, который определяют как запах горящей серы.

К раствору сульфита натрия приливают разбавленной серной кислоты. Обнаруживают запах  $\text{SO}_2$ , стараясь запомнить его. Это позволит впредь распознавать диоксид серы органолептически.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции.

### О П Ы Т 4. Образование слабых электролитов

а) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора ацетата натрия и добавляют разбавленной серной кислоты. Определяют по запаху образующуюся уксусную кислоту;

б) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора хлорида аммония и добавляют разбавленной щелочи. Определяют по запаху выделяющийся аммиак;

в) Наливают в пробирку 3 мл раствора сульфата хрома (III) и приливают к нему по каплям раствор разбавленной щелочи до появления серо-зеленого осадка гидроксида хрома.

Содержимое пробирки разделяют на две части. К одной части приливают раствор серной кислоты, к другой - раствор щелочи. Сравнить цвет полученных растворов. Сделать вывод о характере гидроксида хрома.

Для опытов а), б), в) написать молекулярные и ионные уравнения реакций, объяснить причины сдвига ионных равновесий.

Сделать вывод, в каком направлении протекают реакции ионного обмена в растворах электролитов.

## 5.2. Контрольные вопросы и задания

1. Составить в молекулярном виде уравнения реакций растворения следующих малорастворимых минералов:

а) стронцианит  $\text{SrCO}_3$  переводят в водный раствор насыщением  $\text{CO}_2$  суспензии минерала в воде;

б) сассолин  $\text{V}(\text{OH})_3$  обрабатывают избытком раствора едкого натра;

в) гиббсит  $\text{Al}(\text{OH})_3$  хорошо растворяется известковым молоке;

г) азурит  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$  обрабатывают хлороводородной кислотой;

д) гетит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  хорошо растворяется в серной кислоте;

е) гемиморфит  $\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{Zn}_3\text{Si}_2\text{O}_7$  нагревают в растворе гидроксида натрия;

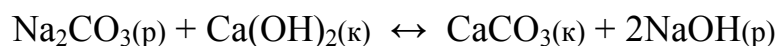
ж) брусит  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  разлагается раствором серной кислоты;

з) борнит  $\text{FeS} \cdot \text{CuS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S}$  обрабатывают соляной кислотой.

2. При смещении водных растворов одного из следующих веществ:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{CsOH}$  концентрацией 1 моль/л с одинаковыми объемами 1М раствором  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$  выделяется примерно одно и то же количество теплоты, составляющее 55-59 кДж/моль. О чем это свидетельствует? Напишите уравнения реакции в ионном виде.

3. При смешении 1М водных растворов одной из следующих кислот: азотной, уксусной, бензойной с одинаковыми объемами 1М растворов  $\text{KOH}$  обнаруживаются различные тепловые эффекты. Объясните, приведя уравнения реакций в молекулярно-ионном виде.

4. Укажите причины, по которым реакция



обратима, составьте выражение для константы равновесия. Почему в этом процессе образуется только разбавленный раствор гидроксида натрия, а получение концентрированного раствора невозможно?

5. Для переработки карбонатных марганцевых руд предложен способ, основанный на выщелачивании их раствором хлорида кальция:



Можно ли регенерировать раствор хлорида кальция и вывести одновременно марганец в осадок добавлением к продуктам выщелачивания суспензии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ? Напишите уравнение реакции.

6. Растворение соли слабой кислоты в растворах кислот должно проходить тем быстрее, чем больше концентрация ионов водорода. Однако кальцит  $\text{CaCO}_3$  растворяется в растворе уксусной кислоты быстрее, чем в растворе серной. Почему?

7. В 250 мл раствора содержится 1 г  $\text{NaOH}$ . Вычислите молярную концентрацию и pH этого раствора.

8. Кислые растворы имеют кислый вкус, щелочные - вкус мыла. Сливаются равные объемы растворов хлороводородной кислоты и гидроксида натрия одинаковой концентрации. Какой вкус полученного раствора?

9. Гашеную известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  используют при флотации для создания щелочной среды (pH 12 и более), отделения пирита от сфалерита и сульфидов меди. Как изменяется pH растворов извести при хранении их в открытых емкостях? Напишите уравнение реакции.

## 6. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение свойств водных растворов, связанных с реакцией гидролиза солей.

Природные воды часто не бывают нейтральными, а имеют либо кислую, либо щелочную среду вследствие гидролиза. При химическом выветривании известняков образуются щелочные растворы, а пиритсодержащих - кислые. Изменение нейтральной реакции среды водного раствора - признак гидролиза соли, обменной химической реакции, протекающей с участием воды. Однако не все соли вступают в реакцию гидролиза. Если растворить в воде хлорид калия  $\text{KCl}$ , нейтральная реакция среды (pH = 7), характерная для чистой воды, не изменится. Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{CsBr}$  и т.п.), в реакцию гидролиза не вступают.

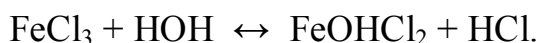
С водой взаимодействуют: 1) соли, образованные слабыми основаниями и сильными кислотами ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  и т.п.); 2) соли, образованные слабыми кислотами и сильными основаниями ( $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{BaCO}_3$  и т.п.); 3) соли, образованные слабыми основаниями и слабыми

кислотами ( $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  и т.п.).

Из рассмотренных примеров следует, что в реакцию с водой вступают катионы слабых оснований и анионы слабых кислот. Если эти ионы многозарядны ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$  и т.п.), их взаимодействие с водой обычно идет до образования основного или кислого иона (первая ступень гидролиза). Например, соль  $\text{FeCl}_3$ , образованная слабым основанием с сильной кислотой, подвергается гидролизу по катиону:

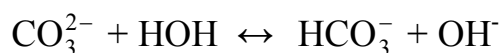


Или в молекулярной форме:

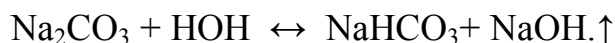


В результате гидролиза соли  $\text{FeCl}_3$  появляется избыток катионов  $\text{H}^+$  и раствор приобретает кислую реакцию,  $\text{pH} < 7$ .

Гидролизу по аниону подвергаются соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой. В качестве примера запишем уравнение гидролиза соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в ионном виде:

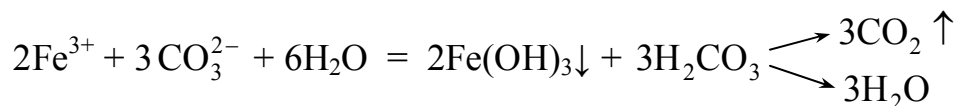
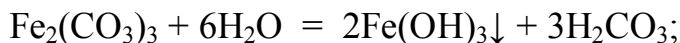


И в молекулярной форме:



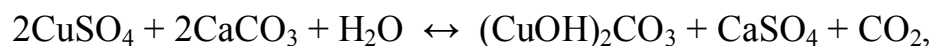
Избыток анионов  $\text{OH}^-$  придает раствору щелочную реакцию,  $\text{pH} > 7$ .

Если же соль образована слабым малорастворимым основанием и слабой летучей кислотой, то происходит полный необратимый гидролиз. В таблице растворимости такие соли обозначены прочерком, означающим, что эти соли в водных растворах не существуют. Например, гидролиз карбоната железа (III):

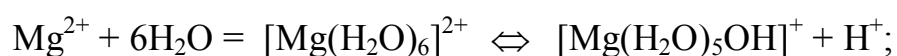


т.е. карбонат железа (III) может существовать только в виде сухой соли, а в растворе он подвергается полному гидролизу, образуя труднорастворимый гидроксид железа (III) и слабую летучую угольную кислоту. В подобных случаях в осадок выпадает наименее растворимый из возможных продуктов гидролиза. Так, растворимость  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  меньше, чем  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,

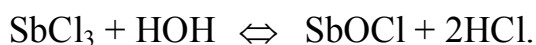
поэтому в зоне окисления минералов меди в известняках встречается малахит



В водном растворе положительные ионы металлов гидратированы. Многие из них связывают воду так прочно, что их можно рассматривать как комплексные ионы. Гидролиз солей, образованных слабыми основаниями и сильными кислотами, происходит за счет молекул воды, входящих в комплексный ион. При этом катион металла выталкивает за пределы внутренней сферы одноименно заряженный ион водорода из молекулы воды, среда становится кислой. Например, при гидролизе хлорида магния координационное число  $\text{Mg}^{2+}$  равно шести



Ионы  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{V}^{4+}$  обладают настолько сильным поляризирующим действием, что выталкивает из молекулы воды оба иона водорода, вследствие чего образуются ионы  $\text{BiO}^+$  висмутил,  $\text{SbO}^+$  антимонид,  $\text{TiO}^{2+}$  титанил,  $\text{VO}^{2+}$  ванадил.



### 6.1. Экспериментальная часть

#### О П Ы Т 1. Образование основной соли при гидролизе

В три пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора лакмуса и добавляют по 2 мл растворов: в одну пробирку - дистиллированной воды, в другую - сульфата натрия, в третью - сульфата алюминия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей. Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

#### О П Ы Т 2. Образование кислой соли при гидролизе

В две пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора фенолфталеина и добавляют по 2 мл растворов: хлорида натрия и карбоната натрия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей.



Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором NaCl.

### О П Ы Т 3. Смещение равновесия гидролиза

Налить в пробирку 1-2 мл раствора нитрата висмута  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  и разбавить его водой в 3-5 раз. Наблюдать образование осадка, т.е. помутнение раствора. Составить молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза, зная, что труднорастворимым продуктом является соль  $\text{BiONO}_3$ .

В пробирку с осадком  $\text{BiONO}_3$  прибавить несколько капель концентрированной азотной кислоты. Наблюдать растворение осадка. Объяснить наблюдаемое, исходя из уравнения гидролиза.

### О П Ы Т 4. Влияние нагревания на гидролиз ацетата натрия

К 3-4 мл раствора уксуснокислого натрия  $\text{CH}_3\text{COONa}$  прибавить 1-2 капли фенолфталеина и нагреть до кипения. Обратит внимание на появление розовой окраски, исчезающей при охлаждении раствора.

Написать ионное и молекулярное уравнение реакции гидролиза уксуснокислого натрия. Объясните различие окраски при нагревании и охлаждении раствора.

### О П Ы Т 5. Полный гидролиз (совместный гидролиз)

К 1-2 мл раствора сернокислого алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  прилить такой же объем раствора карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Наблюдать выделение углекислого газа и образование осадка гидроксида алюминия. Написать молекулярное и ионное уравнение совместного гидролиза взятых солей.

## 6.2. Контрольные вопросы и задания

1. На некоторых обогатительных фабриках иногда барабаны (емкости) из-под цианида натрия обезвреживают 10%-ным раствором железного купороса  $\text{FeSO}_4$ . Напишите уравнения реакции, ведущих к образованию в этих условиях циановодородной кислоты, и покажите тем самым, что такой способ растворения цианидов абсолютно недопустим. При подкислении до  $\text{pH} \leq 9$  работать с растворами цианида натрия опасно; безопасно при  $\text{pH} > 10$ .

2. Раствор основания и раствор кислоты смешивают в эквивалент-

ных соотношениях. Для каких из перечисленных пар раствор будет иметь нейтральную реакцию:

- а)  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl}$ ,      б)  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH}$ ,      в)  $\text{NaOH} + \text{HCl}$ ,  
г)  $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$  ?

3. Сточные воды обогатительных фабрик, содержащие гидрокарбонат кальция, очищают от коллоидных примесей (удалить которые отстаиванием и фильтрованием невозможно) добавлением к ним сульфата алюминия. Образующийся хлопьевидный  $\text{Al}(\text{OH})_3$  обволакивает коллоидные частицы примесей и вызывает их осаждение. Объясните образование  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и напишите уравнение реакции.

4. Определить, возможна ли реакция окисления сфалерита кислородом воздуха в стандартных условиях, если



$\Delta G_{298}^0$ , кДж/моль	-201	-237	-2564
-------------------------------	------	------	-------

Сделайте вывод о кислотности рудничных вод, содержащих в качестве продукта выветривания сульфат цинка, записав уравнение реакции гидролиза в молекулярном и ионном виде.

5. При окислении пирита, преобладающего в колчеданных рудах, кислородом, растворенным в воде, выделяется сульфат железа (III). Поступая с нисходящим током растворов в нижние горизонты, он реагирует с породой. Сделайте вывод о составе породы, если наблюдается совместное образование гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и лимонита  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Напишите уравнение реакции взаимодействия сульфата железа (III) и породы.

6. Объясните, приведя молекулярно-ионное уравнение, почему при нагревании раствора  $\text{NaHCO}_3$  реакция среды из слабощелочной переходит в сильнощелочную.

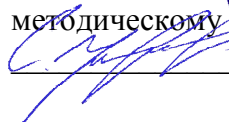
7. В водном растворе хлорида цинка при нагревании происходит растворение кусочка металлического цинка. Напишите уравнения реакции, объясняя причину выделения водорода.

8. В жесткой воде ионы железа обычно присутствуют в виде гидрокарбоната железа (II). При хранении такой воды в открытых сосудах, железо окисляется кислородом воздуха, вода мутнеет из-за выпадения в осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Напишите уравнение реакции, в результате которой образуется гидроксид железа (III).

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор  
методическому комплексу



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Б1.О.12 ХИМИЯ, Ч. 2

#### ЧАСТЬ 2

Специальность:

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация :

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

форма обучения: очная, заочная

Автор: Смирнова, Н.Б., к.х.н., Сахарова, В.М., к.х.н.

Одобрены на заседании кафедры

*Химии*

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

д.т.н., проф. Амдур А.М.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель



(подпись)

д.т.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

**Методические указания и контрольные задания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ**

Заведующий кафедрой

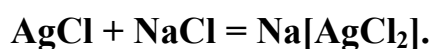


В.А.Душин

## РАБОТА 1. Комплексные соединения

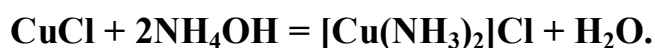
**Цель работы** - познакомиться с методами получения комплексных соединений и их свойствами.

Широко распространены среди минералов комплексные соединения. Комплексные соединения содержат катионный, анионный или нейтральный комплекс, состоящий из центрального атома или иона и связанных с ним молекул или ионов лигандов. Центральный атом - комплексообразователь - обычно представляет собой акцептор, а лиганды - доноры электронов, и при образовании комплекса между ними возникает донорно-акцепторная, или координационная связь. Комплексообразователь и лиганды образуют внутреннюю сферу комплексного соединения, которая в растворах сохраняет индивидуальность, хотя может иметь место и диссоциация. За счет устойчивости внутренней сферы можно перевести в водный раствор малорастворимые минералы. Например, кераргирит  $\text{AgCl}$ , плохо растворимый в воде, растворяется под действием насыщенного раствора хлорида натрия



Шарпит  $\text{UO}_2\text{CO}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$  переходит в насыщенный раствор соды, образуя  $\text{Na}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ .

Нантокит растворяется при обработке концентрированным раствором гидроксида аммония:

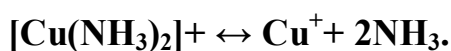


Устойчивые комплексные соединения  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и др. служат в качестве подавителей флотации при обогащении руд. Образование комплексных соединений происходит при умягчении воды, при защите металлов от коррозии и многих других процессах, использующихся в горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

В водных растворах комплексные соединения полностью распадаются на ионы внутренней и внешней сферы



Комплексные ионы диссоциируют только частично, ведут себя как слабые электролиты



Константа равновесия этого процесса называется константой нестойкости ( $K_H$ ):

$$K_H = \frac{C_{\text{Cu}^+} \cdot C_{\text{NH}_3}^2}{C_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+}}$$

Чем устойчивее комплексный ион в растворе, тем меньше величина константы нестойкости.

### **Опыт 1. Диссоциация сульфата железа - аммония**

Налить в три пробирки по 2-3 мл раствора соли  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ . В первую пробирку добавить несколько капель раствора тиоцианата калия  $\text{KSCN}$ . О наличии, какого иона в растворе свидетельствует появление характерной красной окраски?

Во вторую пробирку добавьте несколько капель 30% -ного раствора щелочи. Слегка нагреть. Какой ион образует бурый осадок, а какой обуславливает появление запаха аммиака? В третью пробирку добавить 1 мл хлорида бария. Какая соль вы падет в осадок?

На три вышеприведенных вопроса ответить, записав четыре уравнения реакций в ионном виде.

Составить уравнение диссоциации исследуемой соли и сделать вывод, какой солью, двойной или комплексной, она является.

### **Опыт 2. Диссоциация гексацианоферрата (III) калия**

Составить уравнение диссоциации гексацианоферрата (III) калия. Налить в две пробирки по 1 мл раствора этой соли. В одну из них добавить несколько капель щелочи, в другую - тиоцианата калия. Записать в ионном виде отсутствие взаимодействия комплексного иона со щелочью в первой пробирке и с тиоцианатом - во второй.

Почему в растворе не обнаружено иона железа (III)? Сделайте вывод, какой солью, двойной или комплексной, является исследуемое вещество. Написать математическое выражение для константы нестойкости комплексного иона.

### **Опыт 3. Получение сульфата тетраамминмеди (II)**

Налить в пробирку 1-2 мл раствора сульфата меди и по каплям добавить раствор аммиака до выпадения осадка основной соли меди  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ . Написать уравнение реакции образования этой соли в молекулярном и ионном виде.

Прилить избыток 5-6 мл гидроксида аммония. Наблюдать растворение  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$  и образование фиолетового раствора, содержащего комплексный ион тетраамминмеди (II)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

Написать уравнение реакции образования комплексных солей  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  и  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  в молекулярном и ионном виде.

#### **Опыт 4. Получение тетраиодомеркурата (II) калия**

Налить в пробирку 3-4 капли раствора нитрата ртути (II) и добавить по каплям раствор иодида калия до появления ярко-красного осадка иодида ртути.

Дальнейшее прибавление иодида калия вызывает растворение осадка и образование бесцветного раствора комплексной соли  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$

Написать уравнения образования и растворения осадка в молекулярном и ионном виде.

#### **Опыт 5. Получение соединения, содержащего в молекуле комплексный катион и комплексный анион**

В пробирку внести 2-3 мл раствора гексацианоферрата (II) калия и 3-4 мл раствора сульфата никеля. К полученному осадку гексацианоферрата (II) никеля добавить раствор гидроксида аммония до полного растворения осадка. Наблюдать образование бледно-лиловых кристаллов соли  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6] [\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Написать в ионном виде уравнения реакций образования осадка и растворения осадка.

#### **Опыт 6. Растворение осадков за счет процесса комплексообразования**

Процессы комплексообразования вызывают уменьшение равновесной концентрации ионов в насыщенном растворе малорастворимого соединения. Это смещает равновесие в системе раствор - осадок и вызывает растворение осадка.

а) Налить в пробирку 1 мл концентрированного раствора хлорида кальция, добавить 2 мл раствора сульфата натрия. Наблюдать выпадение осадка при встряхивании. Написать уравнение реакции в ионном виде.

Полученный осадок сульфата кальция растворить в насыщенном растворе сульфата аммония. Написать уравнение реакции растворения  $\text{CaSO}_4$  (в молекулярной и ионной форме) в результате образования комплексной соли  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ca}(\text{SO}_4)_2]$ .

б) Налить в пробирку 3-4 капли раствора соли цинка и добавить по каплям разбавленный раствор  $\text{NaOH}$  до выпадения осадка  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  и последующего растворения его с образованием  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]_2$ . Написать уравнения реакций в молекулярном виде.

#### **Опыт 7. Комплексные соединения в реакциях обмена**

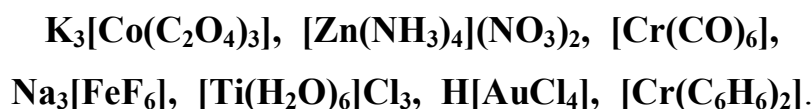
а) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (II) калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и добавить несколько капель раствора  $\text{Fe}^{3+}$ . Наблюдать образование осадка берлинской лазури  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ .

б) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (III) калия  $K_3[Fe(CN)_6]$  и добавить несколько капель раствора, содержащего ион цинка. Отметить окраску осадка  $Zn_3[Fe(CN)_6]_2$ .

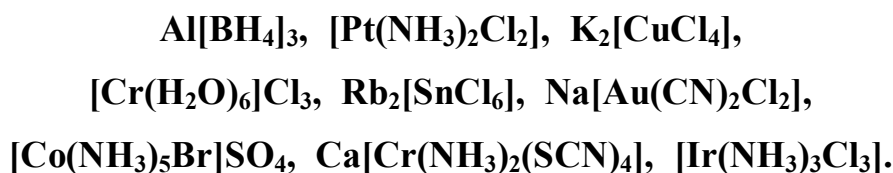
Написать молекулярные и ионные уравнения реакция. Сделать вывод об устойчивости комплексных ионов в реакциях обмена.

### Контрольные вопросы и задания

1. Укажите внутреннюю и внешнюю сферы, комплексообразователь и лиганды в следующих комплексных соединениях:



2. Определите степень окисления и координационное число комплексообразователя в следующих комплексных соединениях:



3. Объясните, какое основание является более сильным и почему:  $Ni(OH)_2$  или  $[Ni(NH_3)_4](OH)_2$  ? Какая кислота сильнее  $HCN$  или  $H[Ag(CN)_2]$  ?

4. Степень гидролиза какой соли больше и почему:  $KCN$  или  $K[Ag(CN)_2]$

5. Объясните уменьшение растворимости  $PbCl_2$  в воде при добавлении разбавленной  $HCl$  и увеличение растворимости этого осадка при добавлении концентрированной  $HCl$ .

6. Сколько молей  $AgCl$  осаждается при добавлении нитрата серебра к раствору  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$  в расчете на моль имеющегося кобальта?

### РАБОТА 2. Определение молярной массы эквивалента

**Цель работы** - усвоить одно из важнейших химических понятий - понятие об эквиваленте - и научиться определять молярную массу эквивалента вещества.

Молярная масса - отношение массы вещества к количеству вещества:

$$M = \frac{m}{\nu} \quad (1)$$

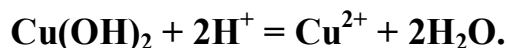
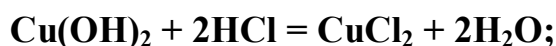
где  $M$  - молярная масса вещества;  $m$  - масса вещества;  $\nu$  - количество вещества.



Например,  $M(O) = 16$  г/моль;  $M(O_2) = 32$  г/моль.

Эквивалент ( $\mathcal{E}$ ) - это частица вещества, которая может замещать, присоединять, высвобождать или каким-либо другим образом эквивалентна одному иону водорода в ионообменных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

Для определения состава эквивалента вещества необходимо исходить из конкретной реакции. Например:

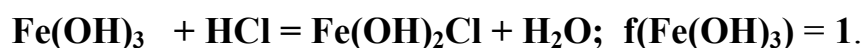
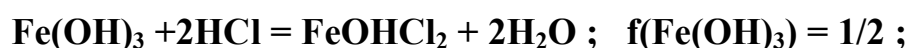


В данной реакции один ион водорода эквивалентен  $1/2$  моль  $\text{Cu(OH)}_2$ , поэтому эквивалент  $\text{Cu(OH)}_2$  равен половине его молекулы.

Фактор эквивалентности ( $f$ ) - число, обозначающее, какая доля от реальной частицы эквивалентна одному иону водорода или одному электрону. Например, в рассмотренном случае фактор эквивалентности:  $f(\text{Cu(OH)}) = 1/2$ .

Для оснований фактор эквивалентности определяется количеством гидроксильных ионов ( $\text{OH}^-$ ), которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на кислотные остатки.

Например,  $f(\text{Fe(OH)}_3) = 1/3$ , но в конкретных реакциях может проявляться неполная кислотность основания и необходимо определять конкретный фактор эквивалентности:



Для кислот фактор эквивалентности определяется количеством ионов водорода, которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на катионы металла.

Например,  $f(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2$ , так как в молекуле серной кислоты два иона водорода могут быть замещены на катион металла, но в реакции



фактор эквивалентности серной кислоты равен 1.

Фактор эквивалентности кислотного оксида равен фактору эквивалентности соответствующей ему кислоты. Так, фактор эквивалентности оксида углерода (IV) ( $\text{CO}_2$ ) равен  $1/2$ , так как ему соответствует угольная кислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

Но в конкретной реакции фактор эквивалентности определяется количеством эквивалентов реагирующего с оксидом вещества. Так в реакции:



Фактор эквивалентности соли и основного оксида определяется произведением степени окисления металла на количество атомов металла в молекуле. Например:

$$f(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1/(2 \cdot 3) = 1/6; \quad f(\text{FeCl}_3) = 1/(1 \cdot 3) = 1/3.$$

Зная фактор эквивалентности и молярную массу вещества, можно рассчитать молярную массу эквивалента ( $\mathcal{E}$ ) данного вещества, которую часто для краткости называют эквивалентом

$$\mathcal{E} = f \cdot M, \quad (2)$$

Понятие эквивалента является одним из важнейших в химии, так как позволяет проводить количественные расчеты при взаимодействии веществ, пользуясь законом эквивалентов: "Все вещества реагируют в строго эквивалентных соотношениях". Иными словами, если в химическую реакцию вступило эквивалентов одного вещества, то количество эквивалентов любого другого вещества вступившего с ним в реакцию, будет тоже. Так, 0.1 моль эквивалентов серной кислоты реагирует с 0.1 моль эквивалентов хлорида бария, или 0.1 моль эквивалентов нитрата свинца, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида натрия, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида меди и т. д.

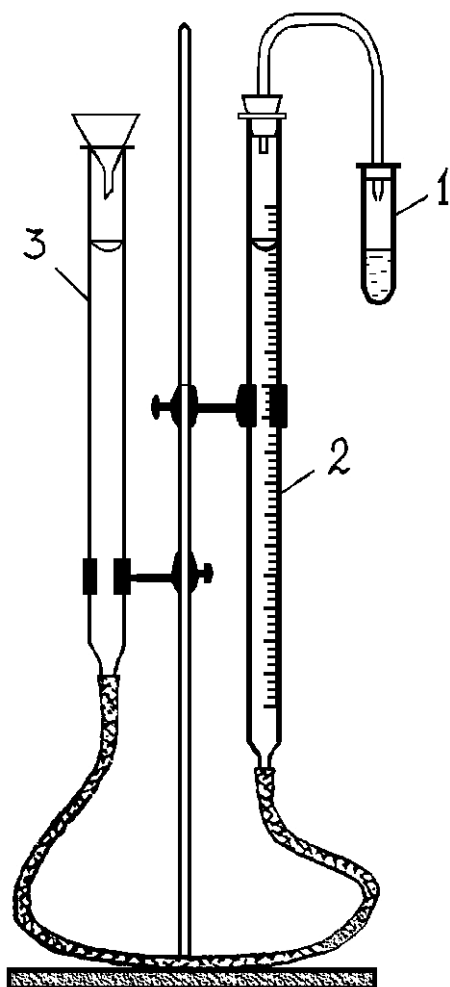
Количество эквивалентов вещества может быть рассчитано по формуле:

$$V_{(\text{эквивалентов})} = \frac{m_{(\text{в-ва})}}{\mathcal{E}_{(\text{в-ва})}} \quad (3)$$

Так как количества эквивалентов веществ, вступающих в реакцию, одинаково, то одной из формул, выражающих закон эквивалентов, может быть следующая:

$$\frac{m_{(\text{в - ва 1})}}{\mathcal{E}_{(\text{в - ва 1})}} = \frac{m_{(\text{в - ва 2})}}{\mathcal{E}_{(\text{в - ва 2})}} \quad (4)$$

Пользуясь этой формулой, можно практически определить молярную массу эквивалента вещества. Используемый метод основан на способности исследуемого вещества реагировать с кислотой: выделением газа (водорода или диоксида углерода). Работа проводится на приборе, изображенном на рисунке.



Прибор состоит из пробирки (1), бюретки (2) на 100 мл, заполненной водой или раствором хлорида натрия, стеклянной трубки и воронки (3), выполняющих роль уравнительного сосуда.

Пробирка соединена с бюреткой стеклянной трубкой, на концах надеты резиновые пробки, герметично закрывающие пробирку и бюретку. Нижний конец бюретки соединен с уравнительным сосудом резиновой "трубкой" длиной 40-50 мм. Перед работой испытайте герметичность прибора. Для этого поднимите воронку на 15-20 см, закрепите ее в этом положении и наблюдайте в течение 1-3 минут за постоянством уровня жидкости в бюретке. Если уровень остается постоянным, то прибор герметичен.

## Опыт 1. Определение

### эквивалента металла

Получите у лаборанта исследуемый металл. В пробирку налейте 5-6 мл 10 % -ного раствора соляной кислоты. Навеску металла заверните в небольшую полоску фильтровальной бумаги, верхнюю часть бумажки полученного фунтика смочите водой и приложите к внутренней части пробирки так, чтобы после того, как пробирка будет закрыта пробкой, этот фунтик на 1-3 см был ниже края пробирки и не касался кислоты. Убедитесь, что прибор вновь герметичен. Установите бюретку и воронку так, чтобы положение воды в них было точно на одном уровне, но не выше нулевой отметки. Отметьте и запишите положение мениска в бюретке (при этом глаз должен находиться на уровне мениска). Наклоняя пробирку, добейтесь того, чтобы кусочки металла упали на дно пробирки. Наблюдайте выделение водорода и вытеснение воды в уравнительный сосуд. Когда весь металл растворится, дайте пробирке остыть, приведите положение воды в бюретке и воронке к одному уровню и точно отметьте положение мениска в бюретке. Разность двух отсчетов - до и после реакции металла с

кислотой - дает объем водорода (**V**), выделившегося при данных условиях (**T** и **P**).

#### Форма записи результатов опыта

Навеска металла	<b>m</b> , г
Объем выделившегося водорода при данных условиях	<b>V</b> , мл
Температура опыта	<b>T</b> , К
Барометрическое давление	<b>P</b> , Па
Давление насыщенного водяного пара при температуре опыта	<b>h</b> , Па

#### Обработка результатов опыта

Пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона, рассчитайте массы выделившегося водорода:

$$m_{\text{H}_2} = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2} \cdot M_{\text{H}_2}}{T \cdot R}, \text{ г,}$$

где  $M_{\text{H}_2}$  - молярная масса водорода, 2 г/моль; **T** - температура опыта, К; **R** - газовая постоянная - 8.31 Дж/моль К;  $V_{\text{H}_2}$  - объем выделившегося водорода, мл;  $P_{\text{H}_2}$  - парциальное давление водорода, Па, рассчитанное по формуле:  $P_{\text{H}_2} = P - h$ , где **P** - атмосферное давление, Па; **h** - давление насыщенного водяного пара при данной температуре, Па (см. таблицу 1)

Таблица 1

$t$ , °C	<b>h</b> , Па	$t$ , °C	<b>h</b> , Па	$t$ , °C	<b>h</b> , Па
11	1306	16	1813	21	2490
12	1400	17	1933	22	2640
13	1493	18	2066	23	2813
14	1600	19	2200	24	2986
15	1706	20	2333	25	3173

По закону эквивалентов определите молярную массу эквивалента металла:

$$\mathcal{E}_{\text{Me}} = \frac{m_{\text{Me}}}{m_{\text{H}_2}} \cdot \mathcal{E}_{\text{H}_2}, \text{ г/моль (ЭКВ)};$$

$$\mathcal{E}_{\text{H}_2} = f_{\text{H}_2} \cdot M_{\text{H}_2} = 1/2 \cdot 2 \text{ г/моль} = 1 \text{ г/моль}.$$

Узнайте у преподавателя степень окисления растворенного вами металла, определите, какой это металл, и по таблице Д. И. Менделеева рассчитайте точную молярную массу эквивалента данного металла ( $\mathcal{E}$  точн.).

Определите относительную погрешность опыта:

$$\Delta = \frac{\mathcal{E}_{\text{Me}} - \mathcal{E}_{\text{точн.}}}{\mathcal{E}_{\text{Me}}} \cdot 100\%.$$

### Контрольные вопросы и задания.

1. Почему при определении молярной массы соли в бюретку заливают не воду, а раствор поваренной соли?
2. Почему при определении объема выделившегося газа необходимо выравнять уровни жидкости в бюретке и сообщающейся с ней трубке?
3. Какой оксид реагировал с 16г кислорода, если в реакцию вступило 64 грамма оксида, образованного элементом со степенью окисления 44, фактор эквивалентности оксида равен 1/2 ?
4. Определите эквивалент металла, 56 г которого прореагировали с раствором, содержащим 109.5 г соляной кислоты.
5. Зависит ли эквивалент химического элемента от степени окисления элемента или является постоянной величиной?

### РАБОТА 3. Окислительно-восстановительные реакции

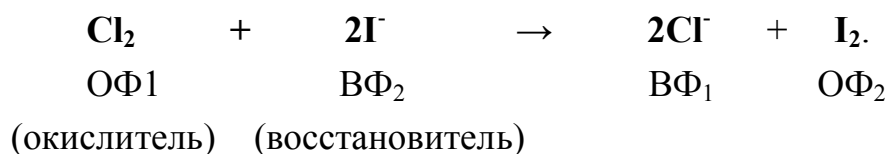
**Цель работы** - изучить окислительно-восстановительные свойства химических соединений, составить уравнения окислительно-восстановительных реакций, определить направление окислительно-восстановительных процессов по электродным потенциалам.

Окислительно-восстановительные процессы широко распространены в природе, они протекают в атмосфере и в магматических расплавах. Руды и минералы земной поверхности окисляются при воздействии  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и влаги, выветриваются, образуя гидроксиды, карбонаты, сульфаты. Например, пирит разлагается во влажном воздухе



с выделением серной кислоты. Растворы серной кислоты опускаются вниз, выделяя из сульфидов сероводород, который ниже уровня грунтовых вод в отсутствие кислорода восстанавливает серебро, мышьяк, висмут, медь.

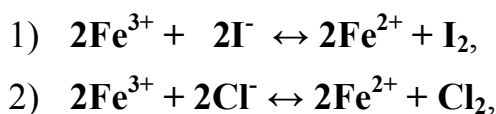
Окислительно-восстановительные реакции сопровождаются перераспределением электронной плотности. Если частица отдает электроны, то степень окисления элемента повышается и он переходит в окисленную формы (ОФ), если принимает, то элемент переходит в восстановленную форму (ВФ). Обе формы составляют сопряженную окислительно-восстановительную пару. В каждой реакции участвуют две сопряженные пары:



Окислительно-восстановительная способность атомов и ионов характеризуется величиной их окислительно-восстановительного (электродного) потенциала,  $\varphi^0$  ОФ/ВФ - стандартный электродный потенциал.

Располагая значениями электродных потенциалов, можно определить возможность и направление окислительно-восстановительных реакций, зная правило: сопряженная пара с более положительной величиной электродного потенциала выступает в качестве окислителя, а с отрицательной - в качестве восстановителя.

Пример. В каком направлении могут самопроизвольно протекать реакции:



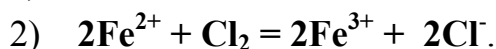
если известны величины стандартных потенциалов следующих пар:

ОФ/ВФ	$\text{I}_2/2\text{I}^-$	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$
$\varphi^0, \text{В}$	<b>0.54</b>	<b>0.77</b>	<b>1.36</b>

Решение. Увеличение активности ОФ наблюдается с ростом алгебраической величины.

$\text{I}_2$ , как ОФ с наименьшим значением, не может окислять ионы  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Cl}^-$ . Ионы  $\text{Fe}^{3+}$  могут окислять иодид-ионы, не способны окислять ионы  $\text{Cl}^-$ .  $\text{Cl}_2$  является ОФ пары с наибольшим значением  $\varphi^0$  и служит окислите-

лем для ионов  $\text{Fe}^{2+}$ . Поэтому первая реакция протекает в прямом направлении, а вторая - в обратном:



### Опыт 1. Окислительные свойства нитрита натрия

В пробирку налейте 1 мл раствора иодида калия и столько же разбавленной серной кислоты, а затем - на кончике шпателя добавьте сухой соли нитрита натрия.

Отметьте выделение бесцветного газа  $\text{NO}$ , его побурение под действием кислорода воздуха, а также окраску образовавшегося раствора при выделении йода.

Напишите уравнение реакции на основе электронного баланса

$$\varphi^0 \text{I}_2/2\text{I}^- = 0.54 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{NO}_2^-/\text{NO} = 0.99 \text{ В},$$

сравнивая эти потенциалы, решите, какая из двух пар будет играть роль восстановителя. Может ли в результате реакции образоваться диоксид азота?

### Опыт 2. Восстановительные свойства нитрита натрия

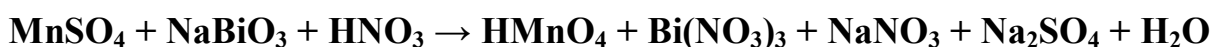
Налейте в пробирку 1 мл раствора перманганата калия и добавьте на кончике шпателя сухой соли нитрита натрия до изменения окраски раствора. Составьте уравнение реакции, имея в виду, что перманганат-ион в нейтральной среде восстанавливается до диоксида марганца (IV), нитрит-ион окисляется до нитрат-иона, а среда становится щелочной (образуется  $\text{KOH}$ )

$$\varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 = +0.62 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{NO}_3^-/\text{NO}_2^- = -0.01 \text{ В},$$

сравнивая эти потенциалы, решить, какая из двух пар будет играть роль окислителя.

### Опыт 3. Образование окрашенных перманганат-ионов

Ионы  $\text{Mn}$  окисляются висмутатом натрия в азотнокислой среде с образованием перманганат-ионов:



К 1-2 каплям сульфата марганца добавляют 4-5 капель раствора азотной кислоты и на кончике шпателя висмутата натрия.

Реакция протекает без нагревания. Как объяснить появление малиновой окраски?

$$\varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+} = 1.51 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{NaBiO}_3/\text{Bi}^{3+} = 1.8 \text{ В},$$

укажите окислитель и восстановитель.

Рассчитайте коэффициенты для проведенной реакции на основе электронного баланса.

#### **Опыт 4. Окислительные свойства сульфита натрия**

Налейте в пробирку 4-5 капель разбавленной серной кислоты, добавьте 2-3 капли раствора  $\text{Na}_2\text{S}$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  на кончике шпателя. Наблюдать выделение серы в виде белой мути



Рассчитайте коэффициенты для этой реакции на основе электронного баланса

$$\varphi^0 \text{SO}_3^{2-}/\text{S} = 0.45 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{S}/\text{S}^{2-} = -0.48 \text{ В},$$

укажите окислитель и восстановитель.

#### **Опыт 5. Окислительные свойства перманганата калия в различных средах**

В три пробирки налить по 1 мл раствора перманганата калия.

В первую пробирку добавляют 1 мл разбавленной серной кислоты.

Во вторую пробирку наливают 1 мл воды.

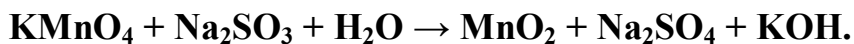
В третью пробирку помешают 1 мл щелочи.

Затем в каждую пробирку засыпают по половине стеклянной ложечки сухой соли сульфита натрия.

В первой пробирке образуется ион  $\text{Mn}^{2+}$



Во второй пробирке получается диоксид марганца (IV)



В третьей пробирке восстановление протекает до  $\text{MnO}_4^{2-}$



Подберите коэффициенты для уравнений методом электронного баланса

$$\begin{aligned} \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+} &= 1.51 \text{ В}; & \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 &= 0.62 \text{ В}, \\ \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_4^{2-} &= 0.56 \text{ В}; & \varphi^0 \text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_3^{2-} &= 0.22 \text{ В}. \end{aligned}$$



Установить, в какой среде перманганат калия является наиболее сильным окислителем.

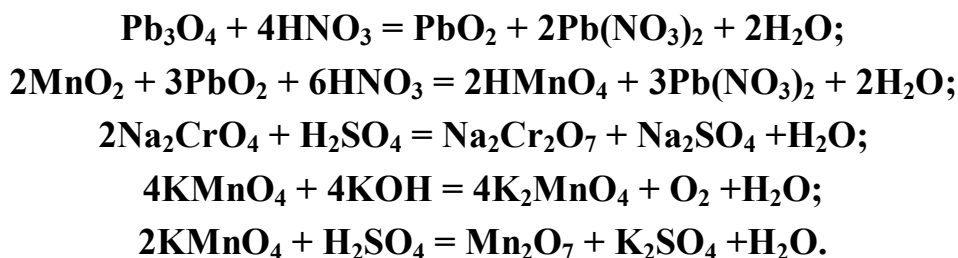
### Опыт 6. Окислительные свойства дихромата калия.

Налейте в пробирку 1-2 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , столько же разбавленной серной кислоты и добавьте несколько кристаллов сульфата железа до изменения окраски раствора. Напишите уравнение реакции, учитывая, что  $\text{Fe}^{2+}$  окисляется до  $\text{Fe}^{3+}$ , дихромат-ион восстанавливается до  $\text{Cr}^{3+}$

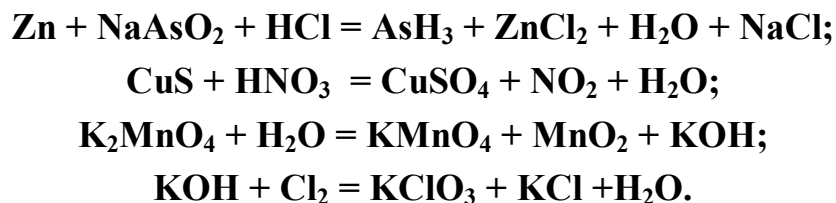
$$\varphi^0 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+} = 1.33 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0.77 \text{ В}.$$

### Контрольные вопросы и задания

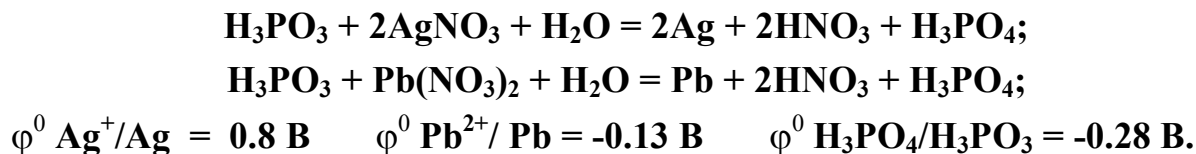
1. Какие из реакций являются окислительно-восстановительными, укажите для них окислитель, восстановитель и среду



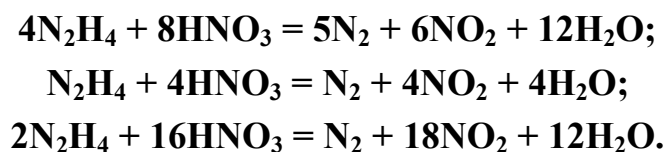
2. Рассчитайте коэффициенты для реакций



3. Какие из приведенных реакций могут протекать самопроизвольно?



4. Укажите, какое из уравнений соответствует реальному протеканию химической реакции?



## **Л и т е р а т у р а**

Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 1992. - 588 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.О.12 ХИМИЯ, Ч.2**

**ЧАСТЬ 3**

Специальность:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация :

***Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

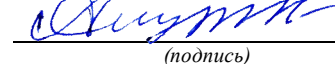
Авторы : Смирнова, Н.Б. к.х.н., Сахарова, В.М.к.х.н.

Одобрены на заседании кафедры

*Химии*

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

д.т.н., проф. Амдур А.М.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021

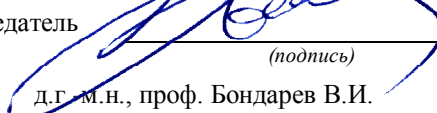
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель



(подпись)

д.г.м.н., проф. Бондарев В.И.


(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

**Методические указания и контрольные задания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ**

Заведующий кафедрой  В.А.душин

Химия : руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Химия» для студентов всех профилизаций и направлений; Часть III / Н.Б. Смирнова, В.М. Сахарова; Уральская госуд. горно-геол. академия. Каф. химии. - Екатеринбург : Изд. УГГГА, 1995. - 16 с.

Руководство содержит описание трех лабораторных работ:

1. Гальванические элементы.
2. Электролиз водных растворов солей.
3. Электрохимическая коррозия металлов.

В руководстве приведены для каждой лабораторной работы краткие теоретические сведения, методические указания по проведению опытов, контрольные вопросы и задания для самостоятельного выполнения.

Руководство рассмотрено на заседании кафедры химии 7 сентября 1995 года. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Рецензент: Н.Г.Кошель, доц., канд. хим. наук

© Уральская государственная  
горно-геологическая  
академия, 1995

## Работа 1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе гальванических элементов, расчет значений ЭДС гальванических элементов и величин энергии Гиббса по значениям электродных потенциалов.

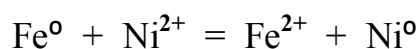
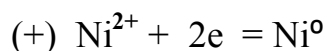
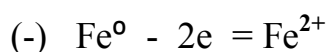
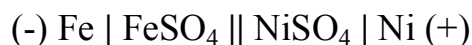
Химические источники электрической энергии имеют широкое распространение, т.к. для многих современных машин, аппаратов и транспорта требуются автономные источники электрической энергии. Любое горное предприятие используют химические источники тока. Простейший пример химического источника тока - гальванический элемент.

В гальванических элементах протекают процессы превращения химической энергии окислительно-восстановительных реакций в электрическую.

Электрохимическая схема гальванического элемента.



Отрицательным полюсом (анодом) этого гальванического элемента является железо, поскольку его электродный потенциал меньше потенциала никеля.

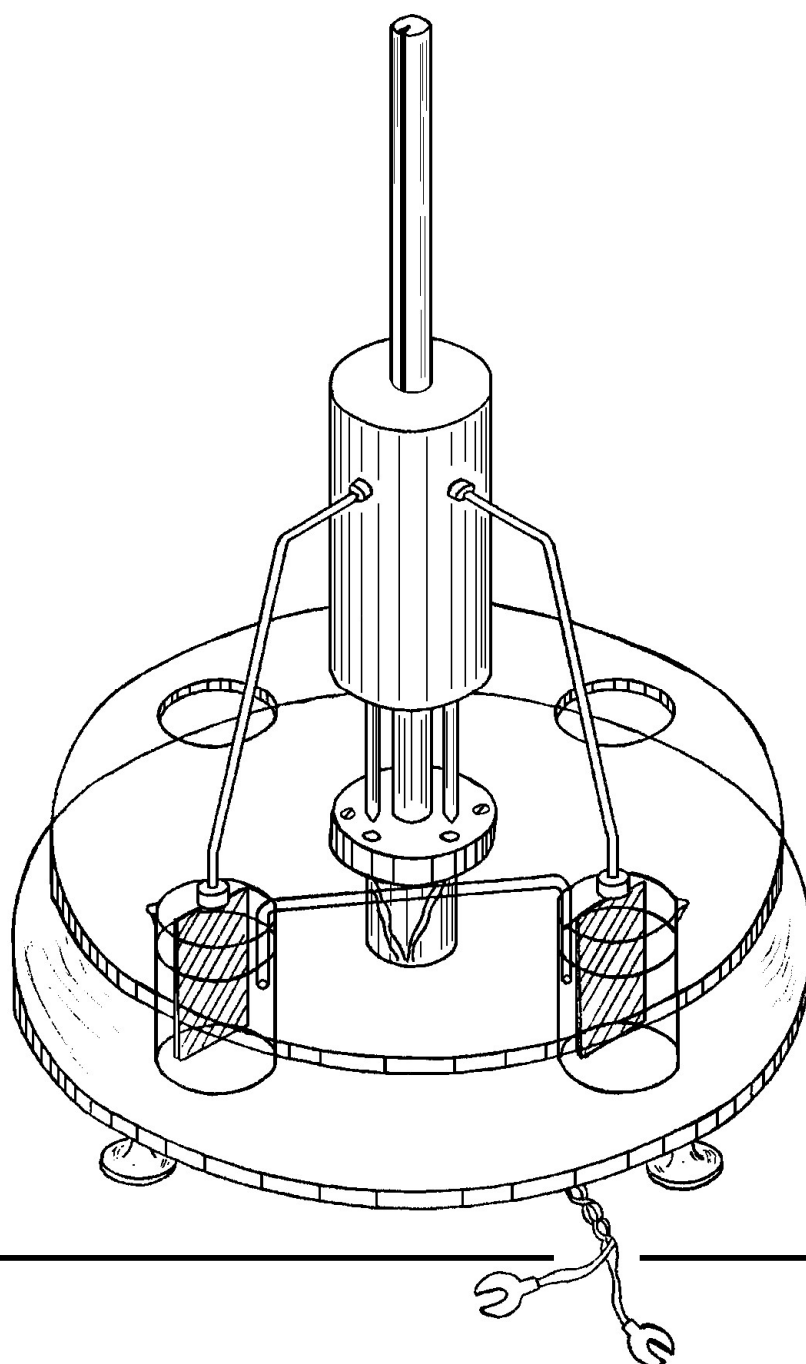


Электродвижущая сила(ЭДС) гальванического элемента определяется по равенности электродных потенциалов:  $\text{ЭДС} = \varphi_{(+)} - \varphi_{(-)}$ , соответствующих процессам, протекающим на положительном и отрицательном полюсах гальванического элемента. Пользуясь таблицей стандартных электродных потенциалов, можно определить ЭДС этого гальванического элемента:

$$E = \varphi_{\text{ок}}^0 - \varphi_{\text{вос}}^0 = \varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 - \varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0.25 - (-0.44) = 0.19 \text{ В}$$

Изменение энергии Гиббса  $\Delta G_{298}^0$  связано с ЭДС гальванического элемента соотношением  $\Delta G_{298}^0 = -nFE$ , где  $n$  - число электронов, принима-

Общий вид установки для измерения электродвижущей силы гальванического элемента в рабочем состоянии



ющих участие в реакции;  $F$  - постоянная Фарадея (96500 Кл/моль);  
 $E$  - ЭДС гальванического элемента.

### **Опыт 1. Медно - цинковый гальванический элемент.**

В два химических стаканчика налейте равные объемы растворов сульфата цинка ( $C_M = 1$  моль/л) и сульфата меди ( $C_M = 1$  моль/л). Опустите пластинки цинка и меди в растворы собственных солей. Растворы соедините электролитическим ключом - жидкостным мостиком, заполненным насыщенным раствором хлорида калия. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

1. Напишите: электрохимическую схему полученного гальванического элемента; процессы, протекающие на отрицательном и положительном полюсах гальванического элемента; суммарную окислительно-восстановительную реакцию в ионной и молекулярной формах.

2. Укажите направление перехода электронов во внешней цепи.

3. По значениям электродных потенциалов рассчитайте ЭДС гальванического элемента.

4. Запишите показание гальванометра в вольтах ( $V$ ) и сравните его с расчетным значением ЭДС.

Последующие опыты 2, 3 и 4 оформить по той же схеме (пункты 1-4).

### **Опыт 2. Медно-свинцовый гальванический элемент**

Опустите в растворы собственных солей пластинки из меди и свинца. Концентрации растворов задаются преподавателем. Соедините растворы электролитическим ключом. Присоедините провода внешней цепи к гальванометру. Наблюдайте отклонение стрелки гальванометра, указывающее на возникновение электрического тока.

### **Опыт 3. Медно-кадмиевый гальванический элемент.**

В один стаканчик налейте раствор сульфата кадмия ( $C_M = 1$  моль/л), а в другой налейте раствор сульфата меди ( $C_M = 1$  моль/л). Погрузите в эти растворы соответственно пластинки из кадмия и меди, соедините электролитическим ключом. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

### **Опыт 4. Свинцово-цинковый гальванический элемент.**

Налейте в два химических стаканчика равные объемы растворов солей свинца ( $Pb$ ) и цинка, их концентрации задаются преподавателем. Опустите



тите в них соответственно пластинки свинца и цинка. С помощью электролитического ключа соедините растворы солей. Подключите во внешнюю цепь гальванометр.

### **Контрольные вопросы и задания.**

1. Объясните, почему показания гальванометра отличаются от расчетного значения ЭДС?
2. Каким образом можно добиться возрастания ЭДС в гальванических элементах?
3. Какие изменения концентрации растворов солей на электроде - окислителе и электроде - восстановителе приводят к увеличению и уменьшению ЭДС?
4. Халькопирит ( $\varphi = 0.42$  В) растворяется в природных водах чрезвычайно медленно. Почему при контакте с пиритом ( $\varphi = 0.7$  В) этот процесс ускоряется?
5. Рассчитайте значение ЭДС и энергии Гиббса медно-цинкового гальванического элемента, если концентрация раствора сульфата цинка равна 0.5 моль/л, а концентрация сульфата меди равна - 2 моль/л.
6. Приведите примеры двух гальванических элементов, в одном из которых железо будет отрицательным полюсом (анодом), а в другом будет положительным полюсом (катодом).

### **Работа 2. ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ.**

Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при электролизе водных растворов солей с инертным и растворимым анодами, запись процессов, происходящих на катоде и аноде.

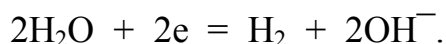
Практически нет ни одной отрасли техники, где бы не применялся электролиз. При выполнении строительных работ проводят электрохимическую обработку глинистых грунтов, при обогащении полезных ископаемых прибегают к электрохимическому кондиционированию флотационной пульпы. В том случае, когда другие методы не обеспечивают необходимой степени очистки воды, используют электрохимическую обработку производственных сточных вод пропусканием через электрокоагуляторы с электродами из железа или алюминия.

При электролизе рассматриваются процессы на электродах: катоде, заряженном отрицательно, и аноде, заряженном положительно. Внешний

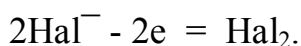
источник тока выполняет роль своеобразного электронного насоса, который “нагнетает” электроны на катод и “откачивает” электроны с анода. Когда потенциалы электродов достигают определенных значений, на них становится возможным заряд ионов или молекул из раствора - начинается электролиз.

**Катодные процессы:** На катоде в первую очередь протекает тот процесс восстановления, потенциал которого более положителен. При электролизе водных растворов на катоде выделяются все металлы, потенциалы которых положительнее, чем  $-1.0\text{ В}$ .

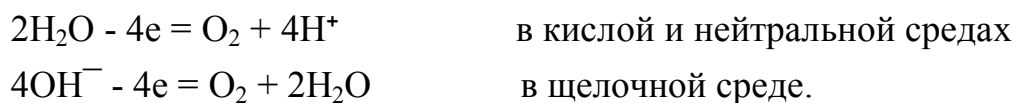
Если в растворе находятся лишь ионы металлов, более активных чем марганец, потенциалы которых отрицательнее, чем  $-1.0\text{ В}$ , на катоде выделяется водород из воды по реакции:



**Анодные процессы:** на нерастворимых анодах из Pt, Ti, C происходит процесс окисления того восстановителя, потенциал которого более отрицателен. Практически: если в растворе имеются анионы  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , не содержащие кислород, то они окисляются с выделением  $\text{I}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ , соответственно.



Если же в растворе имеются лишь ионы  $\text{F}^-$ , или анионы, содержащие кислород, потенциал которых больше  $2.0\text{ В}$ , то на аноде выделяется кислород из воды по реакции:



В зависимости от окисляемости материала анода различают процессы с растворимым и нерастворимым (инертным) анодом. Растворимые аноды (большинство металлов) в ходе электролиза окисляются, посылая свои ионы в раствор. Например:  $\text{Cu} - 2\text{e} = \text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni} - 2\text{e} = \text{Ni}^{2+}$ . Инертные электроды при электролизе окислению не подвергаются. К числу наиболее распространенных инертных анодов относятся электроды из платины, графита, титана.

Примеры электролиза водных растворов солей

1. Электролиз водного раствора  $\text{SnCl}_2$ , анод Pt



2. Электролиз водного раствора  $\text{CuSO}_4$ , анод Cu



### **Опыт 1. Электролиз водного раствора сульфата натрия с графитовым анодом**

Получите электролизер, заполненный раствором сульфата натрия, с графитовыми электродами и пропустите постоянный электрический ток напряжением 12 В. Через 1-2 минуты сравните интенсивность выделения пузырьков газа на электродах, определите расположение катода и анода.

В околокатодное пространство налейте несколько капель фенолфта-леина, а в околоанодное - лакмуса. Окраска индикаторов должна измениться. Объясните наблюдаемое явление, составив электронно - ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде, и указывая стандартные значения окислительно - восстановительных потенциалов.

### **Опыт 2. Электролиз водного раствора иодида калия с графитовым анодом**

Получите электролизер, заполненный раствором иодида калия с гра-фитовыми электродами, присоедините электроды к сети постоянного тока. Через 1-2 минуты наблюдайте изменение окраски раствора.

Запишите результаты опыта, составив электронно-ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде с указанием величин стандарт-ных окислительно-восстановительных потенциалов. Объясните, почему и у какого электрода появилась окраска, почему на катоде не выделяется металлический калий.

### **Опыт 3. Электролиз водных растворов сульфатов кадмия, меди, никеля, цинка, нитрата свинца.**

Получите электролизеры, заполненные водными растворами солей, присоедините графитовые электроды к сети постоянного тока. Пропускай-те электрический ток в течение получаса, пока на одном из электродов не появится налет металла.

Поменяйте полюса на электродах, т.е. произведите переполюсовку электродов поворотом вилки относительно розетки. Снова пропускайте электрический ток.

Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов с указанием величин стандартных электродных потенциалов, протекающих при электролизе всех солей: а) с графитовым анодом; б) с соответствующим металлическим анодом.

### Контрольные вопросы и задания

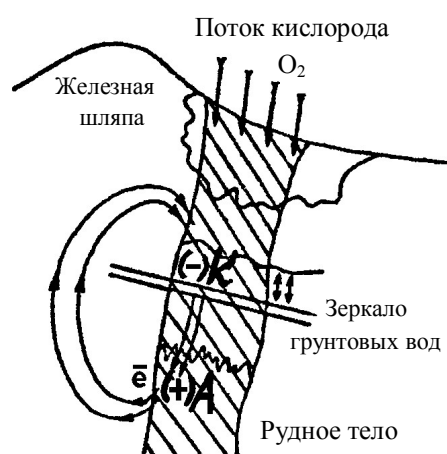
1. Если на электродах могут протекать несколько электрохимических процессов, то какой из них реализуется и что является критерием, определяющим его преимущество?

2. В какой последовательности должны разряжаться на катоде ионы  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ , если в растворе они содержатся в одинаковой концентрации? Чем эта последовательность определяется?

3. Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов, происходящих на медных электродах при электролизе водного раствора нитрата калия.

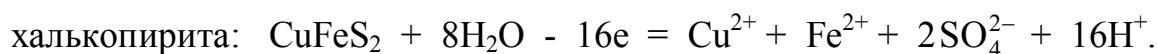
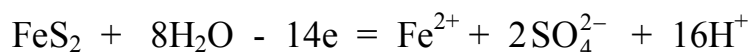
4. При электролизе водного раствора соли значение рН в приэлектродном пространстве одного из электродов возросло. Раствор какой соли подвергся электролизу: а)  $\text{CdSO}_4$ ; б)  $\text{CuCl}_2$ ; в)  $\text{KBr}$  ?

5. Рудное тело, содержащее сульфидные минералы в количестве, достаточном для того, чтобы обеспечить электропроводность, можно рассматривать как нерастворимый электрод в поле Земли. В грунтовых водах, окружающих рудное тело, концентрация электролитов изменяется с глубиной. Верхний конец проводника играет роль катода, а нижний - анода. Катионы подъемных вод перемещаются к катоду, а ионы - к аноду, как показано на приведенной схеме.

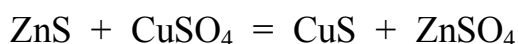


На *аноде* происходит окисление, минералы теряют электроны и переходят в раствор.

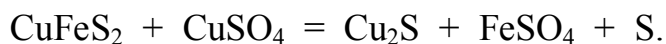
Например, растворение пирита характеризуется уравнением:



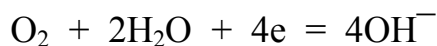
Образующиеся ионы меди (II) вступают в обменные реакции создают так называемую зону вторичного обогащения. Сфалерит замещается ковеллином:



халькопирит обогащается медью за счет образования халькозина:



На *к а т о д е* происходит восстановление. Из нескольких возможных катодных процессов протекает тот, потенциал которого более положителен. Катодные процессы в верхней части рудного тела заключается в потреблении электронов, высвободившихся на аноде и переместившихся на катод. Здесь могли бы восстанавливаться катионы, но в первую очередь реагирует атмосферный кислород, приток которого осуществляется непрерывно, а потенциал намного положительнее, чем у прочих участников геохимического процесса.



а) используя уравнение ионно-электронного баланса, составьте суммарную реакцию растворения пирита в молекулярном виде;

б) какова среда ( значение водородного показателя ) рудничных вод каменноугольных шахт, если уголь содержит примеси сульфидов?

в) составьте уравнение электронного баланса для приведенной выше реакции взаимодействия халькопирита и сульфата меди с образованием халькозина.

### Работа 3. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

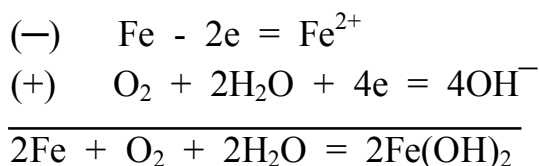
Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе коррозионных гальванопар.

Десятки миллионов тонн металла ежегодно теряются вследствие коррозии. Горное дело является одним из наиболее металлоемких производств. Вполне возможно сократить потери от коррозии за счет лучшего понимания горными инженерами важнейших физико - химических закономерностей коррозии. Чаще всего разрушение металлов вызывается электрохимической коррозией, которая является результатом эксплуатации металлического оборудования при повышенном содержании коррозионно-активных веществ в шахтах, на карьерах и в горных породах.

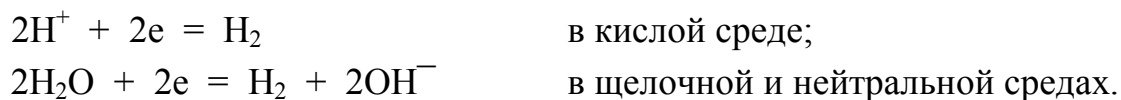
Электрохимическая коррозия происходит в средах, проводящих электрический ток, сопровождается направленным движением электронов и ионов. Электролиты могут содержаться даже в тонком невидимом слое влаги, адсорбированной из воздуха поверхностью металла. Реальная поверхность твердых металлов неоднородна. Различные примеси в металле, его структурная неоднородность, механическая деформация металла, различие концентраций коррозионных агентов в растворах, контактирующих с металлом - все это приводит к тому, что на одних участках поверхности корродирующего металла идет процесс окисления металла (анодный процесс), а на других - процесс восстановления окислителя (катодный процесс).

Схема электрохимической коррозии становится таким образом аналогичной схеме работы короткозамкнутого гальванического элемента, в котором протекает анодное окисление металла и катодное восстановление окислителя. В литературе по коррозии окислитель обычно обозначают специальным термином *деполяризатор*. Самыми распространенными деполяризаторами в процессах электрохимической коррозии являются растворенный кислород и ионы водорода. Соответственно различают процессы с кислородной и водородной деполяризацией.

С кислородной деполяризацией корродируют металлы, находящиеся во влажной атмосфере, в воде, нейтральных растворах солей, во влажном грунте. Это самый распространенный тип коррозионных процессов.



В процессах коррозии с *водородной деполяризацией* окисление металла происходит под действием ионов водорода:



Коррозия с водородной деполяризацией преобладает в следующих условиях: для большинства металлов в растворах кислот, для очень активных металлов в нейтральных растворах (например, коррозия магния в воде и растворах хлорида натрия), для амфотерных металлов (например, олово, цинк, алюминий) в растворах щелочей.

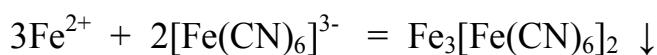
Коррозию значительно замедляет поляризация. Концентрационная поляризация - накопление ионов металла на аноде и недостаточно быстрое связывание электронов, поступающих на катод, вследствие уменьшения концентрации окислителя в растворе. Газовая поляризация - слой адсорбированного водорода на поверхности катода, затрудняющий дальнейшее восстановление, если окислителями были ионы водорода.

Во многих случаях металл предохраняет от коррозии образующаяся на его поверхности стойкая нерастворимая оксидная пленка. Однако, некоторые анионы, например, хлориды, разрушают такие пленки за счет связывания катионов металлов прочные комплексные ионы, растворимые в воде, которые легко удаляются с поверхности металла тем самым усиливая коррозию.

Коррозию замедляют введением в жидкую фазу ингибиторов. Ингибиторы образуют с металлом нерастворимые соединения-соли или прочно связанные поверхностные соединения и таким образом предохраняют поверхность от дальнейшего окисления. Ингибиторы как бы наносят на поверхность металла слой масляной краски толщиной в одну молекулу.

### **Опыт 1. Коррозия оцинкованного и луженого железа в кислой среде**

В две пробирки наливают по 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Затем кусочек пластинки из оцинкованного железа помещают в первую пробирку, а во вторую - кусочек пластинки из луженого железа (покрытого оловом). В обе пробирки доливают по 1 мл раствора гексацианоферрата (III) калия, с помощью которого можно обнаружить  $\text{Fe}^{2+}$ , которые образуются при коррозии железа. Ион  $\text{Fe}^{2+}$  с этим реактивом дает характерное синее окрашивание в соответствии с реакцией:



Через несколько минут наблюдать растворение железа в кислоте, замечая синее окрашивание на срезах одной из пластинок.

Результаты опыта занести в таблицу:

	Оцинкованное железо	Луженое железо
Коррозионная гальванопара		
Процессы (-)		
на полюсах (+)		
Суммарная реакция		
Синеет через минуту		

В строке "коррозионная гальванопара" запишите электрохимическую схему гальванического элемента.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии оцинкованного и луженого железа и может ли быть использован цинк в качестве протектора для защиты стального оборудования.

Слейте кислоту в стакан для слива кислот осторожно, не теряя кусочков железа. Налить воды в пробирки и промыть 2 раза кусочки металла от кислоты, не доставая их из пробирок.

### **Опыт 2. Коррозия оцинкованного и луженого железа в нейтральной среде.**

В две пробирки с кусочками металла из опыта 1 наливают по 2-3 мл раствора хлорида натрия и добавляют в каждую по 1 мл раствора гексацианоферрата ( III ) калия.

Через несколько минут замечают синее окрашивание на боковых срезах одной из пластинок.

Результаты опыта запишите в такую же таблицу, как и в первом опыте.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии.



### **Опыт 3. Растворение химически чистого цинка и цинка, частично покрытого медью, в серной кислоте**

В пробирку помещают гранулу химически чистого цинка и 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Начавшееся растворение цинка через некоторое время замедляется или прекращается совсем.

В другую пробирку наливают 2-3 мл раствора сульфата меди и опускают такую же гранулу цинка. Через 4-5 минут осторожно сливают раствор и промывают омедненный цинк 2-3 раза водой. Воду сливают, добавляют 2-3 мл разбавленной серной кислоты и наблюдают выделение газообразного водорода.

Результаты опыта запишите в виде ответов на следующие вопросы:

1. Объясните, почему замедляется растворение химически чистого цинка в серной кислоте?
2. Составьте электрохимическую схему коррозионной гальванопары, образованной цинком и металлической медью, выделившейся на его поверхности.
3. Запишите процессы, происходящие у полюсов этой коррозионной гальванопары.
4. Сделайте вывод, почему происходит ускорение растворения цинка в контакте с медью.

### **Опыт 4. Действие ингибитора коррозии**

В две пробирки налить 2-3 мл разбавленной серной кислоты, в одну из них добавляют 1 мл раствора уротропина. В две пробирки поместить по несколько кусочков железных стружек. Объясните разницу в действии на металлы обычной ингибированной кислоты.

### **Опыт 5. Действие стимулятора коррозии**

В две пробирки поместить по кусочку алюминиевой **пластинки** и добавить по 1-2 мл водного раствора сульфата меди. В одну из пробирок всыпать микрошпатель (щепотку) сухого хлорида натрия. Следить, как влияет добавка его на коррозию алюминия.

### **Контрольные вопросы и задания.**

1. Какое покрытие металла называют анодным и какое катодным? Назовите металлы, которые можно использовать для анодного и катодного покрытия железа во влажном воздухе и в сильноокислой среде.
2. Железное изделие покрыли свинцом. Какое это покрытие: анодное

или катодное? Почему? Составьте уравнение анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении цельности покрытия во влажном воздухе и в растворе соляной кислоты. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

3. Почему некоторые достаточно активные металлы, например, алюминий, не корродируют на воздухе? Назовите другие металлы с аналогичными свойствами.

4. Одинаково ли отношение к коррозии технического и химически чистого металла? чем вызывается коррозия конструкционной стали?

5. Какое железо корродирует быстрее: находящиеся в контакте с оловом или медью? Мотивируйте ваш выбор.

6. Величины электродных потенциалов металлов уменьшается при повышении рН среды. Объясните, почему при изменении нейтральной среды на щелочную коррозионная устойчивость железа, меди, магния и ряда других металлов увеличивается, а алюминия, хрома, цинка, олова уменьшается.

### Список литературы

1. Коровин Н.В. и др. Курс общей химии. - М.: Высш.шк., 1990.- 445 с.
2. Романцева Л.М. и др. Сборник задач и упражнений по общей химии. - М.: Высш.шк., 1991. - 228 с.
3. Любимова Н.Б. Вопросы и задачи по общей и неорганической химии. - М.: Высш.шк., 1990. - 351 с.
4. Смирнова Н.Б., Сахарова В.М. Коррозия и защита металлов. - Екатеринбург: Изд.УГГГА, 1995. - 68 с.
5. Бирюков Ю.В. и др. Общая и неорганическая химия. Лабораторный практикум. - М. - Киев: Высш.шк., 1990. - 133 с.

Химия. Часть III.

Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине “Химия” для студентов всех профилизаций и направлений.

Авторы: Н.Б.Смирнова, доц., канд. хим. наук  
В.М.Сахарова доц., канд. хим. наук

Корректурa кафедры химии

Подписано к печати 01.11.95

Формат бумаги 60×84 1/16

Печ. л. 1.0 Тираж 100 экз. Заказ № 95

Цена С

---

Лаб. множительной техники УГГГА  
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

***МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ  
И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ***

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Специальность

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализации:

***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых  
полезных ископаемых***

***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

***Геология нефти и газа***

***Прикладная геохимия, минералогия и геммология***

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Часть 1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Цель преподавателя дисциплины.....	5
1.2. Задачи изучения дисциплины.....	5
1.3. Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины .....	5
1.4. Содержание дисциплины .....	6
<b>Часть 2. ДИЭЛЕКТРИКИ.....</b>	<b>12</b>
2.1. Основные сведения о пробое диэлектриков .....	12
2.2. Пробой газообразных диэлектриков.....	13
2.3. Пробой твердых диэлектриков .....	18
2.4. Практическая работа № 1. Определение электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков. Цель работы .....	21
2.5. Объект исследования.....	21
2.6. Средства измерения.....	21
2.7. Рабочее задание.....	21
2.8. Методические указания по выполнению рабочего задания .....	22
2.9. Контрольные вопросы .....	27
<b>Часть 3. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>28</b>
3.1. Основные характеристики магнитных веществ .....	28
3.2. Физическая природа магнетизма .....	29
3.3 Классификация веществ по магнитным свойствам.....	32
3.4. Строение ферромагнетиков .....	33
3.5. Явления магнитной анизотропии и магнитострикции.....	36
3.6. Намагничивание ферромагнетика.....	38
3.7. Свойства ферромагнитных материалов в квазипостоянных магнитных полях.....	41
3.8. Дифференциальная магнитная проницаемость .....	44
3.9. Свойства ферромагнетиков в переменных магнитных полях.....	46
3.10. Индукционный метод определения параметров магнитных материалов с использованием осциллографа.....	53

3.11. Объект исследования.....	58
3.12. Средства измерения и вспомогательные средства исследования .....	59
3.13. Подготовка осциллографа к работе .....	59
3.14. Калибровка осциллографа и определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля .....	60
3.15. Подготовка звукового генератора к работе .....	61
3.16. Практическая работа №1. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях постоянной частоты». Цель работы .....	62
3.17. Рабочее задание.....	62
3.18. Методические рекомендации к выполнению рабочего задания .....	63
3.19. Содержание отчета .....	66
3.20. Вопросы для самоконтроля.....	67
3.21. Практическая работа №2. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях переменной частоты». Цель работы.....	67
3.22. Рабочее задание.....	68
3.23. Методические указания к выполнению рабочего задания .....	68
3.24. Содержание отчета .....	70
3.25. Вопросы для самоконтроля.....	70

#### **Часть 4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.**

<b>«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ДВУХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ» .....</b>	<b>72</b>
4.1. Требование к оформлению контрольной работы .....	72
4.2. Задание на контрольную работу .....	72
4.3. Методические указания к выполнению контрольной работы .....	74
4.4. Экзаменационные вопросы.....	78
<b>Учебно-методические материалы .....</b>	<b>80</b>

# Часть 1

## ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель преподавателя дисциплины

В дисциплине «Электротехническое и конструкционное материаловедение» излагается широкий круг вопросов, связанных со свойствами различных материалов по отношению к электрическому и магнитному полям. Излагаются свойства разновидностей электротехнических материалов, применяемых в технике.

Целью преподавания дисциплины является изложение основных сведений о процессах, происходящих в электротехнических материалах под воздействием электрического и магнитного полей, ознакомление с основными характеристиками и параметрами, посредством которых оцениваются свойства материалов к этим полям, методами их практического определения, ознакомление с основными видами электротехнических материалов, областями и способами их применения.

Дисциплина «Электротехническое и конструкционное материаловедение» является одним из основных предметов, необходимых для последующего успешного освоения специальных дисциплин, изучаемых студентами направления подготовки бакалавров «Электроэнергетика и электротехника».

### 1.2. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» студенты должны иметь ясное представление о процессах, происходящих в электротехнических материалах при воздействии на них электрического и магнитных полей, знать основные характеристики и параметры материалов, научиться определять их экспериментально, усвоить требования, которым должны удовлетворять материалы при использовании в устройствах, предназначенных для работы в условиях горной промышленности, уметь производить выбор конкретных видов электротехнических материалов.

### 1.3. Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины

Успешное усвоение дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении физики (разделы: физика твёрдого тела,

электричество, магнетизм), химии, теоретических основ электротехники (разделы: электрические цепи постоянного и переменного тока, магнитные цепи), электрических измерений (разделы: основы метрологии, методы измерения электрических величин).

## **1.4. Содержание дисциплины**

### ***1.4.1. Введение***

Краткий исторический обзор развития производства и использования электротехнических материалов. Значение электротехнических материалов в развитии и совершенствовании современного электромашиностроения.

Роль русских и советских учёных в создании и совершенствовании современных электротехнических материалов.

Предмет дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение». Классификация электротехнических материалов.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какое значение имеют электротехнические материалы в развитии электромашиностроения?
2. Перечислите основные классы электротехнических материалов по свойствам, которыми обладают по отношению к электромагнитному полю.
3. Каковы перспективы развития производства электротехнических материалов?

### ***1.4.2. Диэлектрики***

Понятие о диэлектриках. Поляризация диэлектриков и основные виды поляризации.

Классификация диэлектриков. Понятие о диэлектрической проницаемости, абсолютная и относительная диэлектрические проницаемости. Зависимость величины диэлектрической проницаемости от внешних факторов.

Понятие о электропроводности диэлектриков. Удельные объёмное и поверхностное сопротивления и методика их определения.

Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Схемы замещения диэлектриков для учёта диэлектрических потерь. Виды диэлектрических потерь.

Понятие о электрическом пробое диэлектриков. Пробивное напряжение и электрическая прочность. Пробой газообразных диэлектриков. Виды пробоев жидких и твёрдых диэлектриков.



Физико-механические свойства диэлектриков. Основные механические свойства диэлектриков. Нагревостойкость. Классы нагревостойкости. Температура воспламенения и температура вспышки. Морозостойкость и тропикостойкость. Гигроскопичность и влагопроницаемость. Химические и радиационные свойства.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие вещества называются диэлектриками?
2. По каким признакам классифицируются диэлектрики?
3. Какой процесс называется поляризацией диэлектриков?
4. Как происходит электронная поляризация?
5. Как зависит диэлектрическая проницаемость от температуры и частоты электрического поля при электронной поляризации?
6. Как происходит ионная поляризация, и в каких веществах она наблюдается?
7. Как происходит дипольная поляризация?
8. Как зависит величина диэлектрической проницаемости от температуры и частоты электрического поля?
9. Как происходит ионно-релаксационная, электронно-релаксационная и миграционная (структурная) поляризации?
10. Как осуществляется спонтанная поляризация и для каких диэлектриков она характерна?
11. На какие группы подразделяются диэлектрики в соответствии с видами поляризации, которыми они обладают?
12. Как зависит диэлектрическая проницаемость газообразных диэлектриков от давления и температуры, величины напряжённости и частоты внешнего электрического поля?
13. Как зависит диэлектрическая проницаемость жидких диэлектриков от температуры, величины напряженности и частоты электрического поля?
14. Как зависит диэлектрическая проницаемость твёрдых диэлектриков от температуры, величины напряженности и частоты электрического поля?
15. Как определяется диэлектрическая проницаемость сложных диэлектриков?
16. Назовите причины возникновения электрического тока в диэлектрике под воздействием внешнего электрического поля.
17. Что такое объёмное и поверхностное удельные сопротивления и как они определяются?
18. Как зависит электропроводность газообразных диэлектриков от напряжения и почему?
19. Чем обуславливается электропроводность твёрдых диэлектриков и как она зависит от температуры и напряжённости электрического поля?
20. Чем обуславливается электропроводность жидких диэлектриков, как она зависит от температуры и напряжённости электрического поля?

21. Какие потери называются диэлектрическими?
22. Какой угол называется углом диэлектрических потерь?
23. Нарисуйте схемы замещения диэлектрика и соответствующие им векторные диаграммы для учёта величины диэлектрических потерь.
24. Установите связь между параметрами параллельной и последовательной схем замещения диэлектрика с потерями.
25. Какие виды диэлектрических потерь существуют в диэлектриках?
26. Какое явление называется электрическим пробоем диэлектриков?
27. Каким образом происходит пробой газообразных диэлектриков?
28. От каких факторов зависит электрическая прочность газообразных диэлектриков?
29. Объясните, как осуществляется электрический пробой жидких диэлектриков с высокой степенью очистки?
30. Как осуществляется электрический пробой технически чистых диэлектриков?
31. Назовите виды пробоев твёрдых диэлектриков.
32. Как происходит электрический, электротепловой и электрохимический пробой?
33. Что такое гигроскопичность диэлектрика и как она влияет на его электрические свойства?
34. Перечислите основные механические свойства диэлектриков.
35. Назовите основные параметры, с помощью которых характеризуются тепловые свойства диэлектриков.
36. Перечислите классы нагревостойкости диэлектриков и дайте краткую характеристику каждого из них.

### ***1.4.3. Изоляционные материалы***

Газообразные изоляционные материалы. Сравнительные характеристики основных газообразных изоляционных материалов и области их применения.

Жидкие изоляционные материалы. Нефтяные масла. Трансформаторное масло, его основные характеристики и свойства, старение и регенерация, методы испытаний и области применения.

Синтетические жидкие диэлектрики, сравнительные характеристики и области применения. Компаунды.

Полимерные изоляционные материалы. Волокнистые изоляционные материалы и слоистые пластики.

Слюда и материалы на основе слюды. Керамика и стекло.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие из газообразных изоляционных материалов нашли наибольшее практическое применение?
2. Произведите сравнительный анализ свойств газообразных изоляционных материалов.

3. В чём заключается старение трансформаторного масла и как оно восстанавливается?
4. Какими параметрами характеризуется трансформаторное масло как электроизоляционный материал?
5. Перечислите основные синтетические жидкие диэлектрики, используемые на практике, их основные свойства и области применения.
6. Какие органические высокомолекулярные изоляционные материалы, используемые на практике, вам известны?
7. Какими свойствами обладают компаунды и основные области их применения?

#### ***1.4.4. Магнитные материалы***

Природа магнетизма. Условия возникновения ферромагнитных свойств у веществ. Классификация веществ по магнитным свойствам.

Строение ферромагнетиков. Явление магнитной анизотропии и магнитострикции. Использование этих явлений в технике.

Основные характеристики магнитных материалов. Петля гистерезиса и основная кривая намагничивания. Остаточная индукция и коэрцитивная сила, индукция технического насыщения.

Относительная и абсолютная магнитные проницаемости. Потери на гистерезис и вихревые токи при перемагничивании в переменных магнитных полях. Явление вытеснения магнитного поля и его последствия.

Магнитомягкие, магнитотвёрдые материалы и магнитные материалы специального назначения.

Разновидности магнитных материалов. Листовые электротехнические стали и пермаллой, основные характеристики и применение.

#### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие элементарные круговые точки существуют в атоме?
2. Какой круговой ток создаёт наибольший магнитный момент в атоме?
3. Чем объяснить то, что не у всех химических элементов атомы обладают собственным магнитным моментом?
4. Как называются области в ферромагнетиках, в пределах которых магнитные моменты атомов ориентированы параллельно?
5. Как происходит намагничивание ферромагнетиков?
6. Какое явление в ферромагнетиках называется магнитной анизотропией?
7. Где и как учитывается явление магнитной анизотропии?
8. В чём заключается явление магнитострикции и где оно используется?
9. Чем отличается основная кривая намагниченности от петли гистерезиса?

10. Назовите основные характеристики ферромагнитных материалов.
11. Как зависит величина магнитной проницаемости от напряжённости магнитного поля?
12. Как зависит магнитная проницаемость от частоты переменного магнитного поля?
13. Как расшифровать обозначения марок электротехнических сталей?
14. Назовите основные характеристики листовых электротехнических сталей и области их применения.
15. Что представляют собой сплавы пермаллои?
16. В чём преимущество холоднокатаных сталей перед горячекатаными?
17. Какие основные виды магнитотвёрдых материалов используются на практике?
18. Какие материалы специального назначения используются на практике?
19. Что представляют собой ферриты и в чём их преимущество перед другими видами магнитных материалов?

#### ***1.4.5. Полупроводники***

Понятие о полупроводниках. Классификация полупроводников. Понятия о видах электропроводности полупроводников.

#### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие вещества называются полупроводниками?
2. Какие виды электропроводности свойственны собственным полупроводникам?
3. Как получить полупроводник с основной электронной электропроводностью?
4. Как получить полупроводник с основной дырочной электропроводностью?
5. Как зависит удельная электропроводность полупроводников от температуры?
6. Как влияет механическая деформация на электропроводность полупроводника?
7. Как зависит электропроводность полупроводников от частоты и интенсивности световой энергии?
8. Как влияет напряжённость электрического поля на электропроводность полупроводника?

#### ***1.4.6. Проводники***

Понятие о проводниках природа электропроводности проводников. Основные характеристики. Классификация проводниковых материалов. Понятие о сверхпроводимости проводников.

#### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какой механизм электропроводности свойственен металлам?
2. Какой механизм электропроводности свойственен электролитам?

3. В чём разница в объяснении механизма электропроводности с позиций классической электронной теории строения металлов и кантовой механики?
4. Какими параметрами характеризуются свойства проводников?
5. Чем объяснить зависимость удельной электропроводности металлов от температуры?
6. Почему удельное сопротивление металла зависит от его деформации?
7. Какие материалы относятся к материалам высокой проводимости?
8. Дайте сравнительную характеристику меди и алюминия.
9. Какие сплавы высокого сопротивления применяются в технике?
10. Что такое явление сверхпроводимости?
11. Каким материалам и при каких условиях свойственно явление сверхпроводимости?

#### ***1.4.7. Примерный перечень лабораторных работ***

1. Определение электрической прочности газообразных и твёрдых диэлектриков.
2. Определение динамических характеристик ферромагнетиков при постоянной частоте магнитного поля.
3. Определение динамических характеристик ферромагнетиков при изменяющейся частоте магнитного поля.

## Часть 2 ДИЭЛЕКТРИКИ

### 2.1. Основные сведения о пробое диэлектриков

Важнейшей областью использования диэлектриков в технических целях является применение их в качестве изоляционных материалов, предназначенных для предотвращения протекания электрического тока по путям, не предусмотренным электрической схемой установки. Такое использование диэлектриков связано с их исключительно малой электропроводностью.

Так, удельная объемная электропроводность этих материалов при комнатной температуре не превышает  $10^{-8}$  см/м, а удельное объемное сопротивление соответственно больше  $10^8$  Ом·м.

Такое значение электропроводности и удельного объемного сопротивления сохраняется только для определенного напряжения. Превышение этого напряжения приводит к резкому (скачкообразному) возрастанию электропроводности и уменьшению сопротивления диэлектрика.

Потеря диэлектриком изоляционных свойств под воздействием внешнего электрического поля называется *пробоем*.

Напряжение, при котором в диэлектрике возникает электрический пробой, называется *пробивным* или *напряжением пробоя*.

Пробивное напряжение обозначается  $U_{пр}$ . Единицей измерения пробивного напряжения в системе СИ является вольт (В). Допускается использовать в качестве единицы измерения пробивного напряжения киловольт (кВ).

Значение пробивного напряжения зависит от химического состава, структуры строения, толщины диэлектрика и воздействия ряда других факторов.

Другой важнейшей характеристикой способности диэлектриков выдерживать воздействие высоких напряжений без потери изоляционных свойств является электрическая прочность ( $E_{пр}$ ). Под электрической прочностью понимается отношение пробивного напряжения диэлектрика к его толщине:

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{h},$$

где  $h$  – толщина диэлектрика.

Единицей измерения электрической прочности в системе СИ является В/м. В связи с тем, что использование этой единицы на практике неудобно из-за

малой толщины изоляции в различных электромеханических установках и больших значений пробивных напряжений, ГОСТом допускается применение внесистемной единицы измерения, равной кВ/мм. Соотношение между этими единицами –  $\text{кВ/мм} = 10^6 \text{ В/м}$ .

Если на диэлектрик воздействует внешнее однородное электрическое поле, то электрическая прочность представляет собой напряженность этого поля, при которой происходит пробой.

В зависимости от механизма развития и причин возникновения различают следующие виды пробоев: электрический, тепловой и электрохимический.

**Электрический пробой** связан с развитием процессов ударной и фотонной ионизации, возникающих в сильных электрических полях и приводящих к быстрому росту концентрации свободных носителей электрических зарядов к скачкообразному увеличению электрического тока в месте пробоя при превышении значения напряженности электрического поля, равного электрической прочности диэлектрика.

**Тепловой пробой** возникает под воздействием тепловой энергии, выделяющейся в диэлектриках за счет диэлектрических потерь или поступающей от посторонних источников тепловой энергии. Тепловая энергия вызывает уменьшение активного сопротивления диэлектриков и возрастание активного потока, приводящих к дальнейшему увеличению температуры диэлектриков с последующим их термическим разрушением.

**Электрохимический пробой** возникает при длительной эксплуатации диэлектриков в электрических полях и связан с изменением химического состава в результате протекающих в диэлектриках электрохимических процессов.

Более подробно каждый из видов пробоя диэлектриков рассмотрен в последующих параграфах.

## **2.2. Пробой газообразных диэлектриков**

В газообразных диэлектриках пробой является электрическим и связан с развитием процессов ударной и фотонной ионизации под воздействием сильных электрических полей.

В любом газообразном диэлектрике содержится малое количество положительных и отрицательных ионов и электронов, находящихся в хаотическом тепловом движении. Под воздействием электрического поля эти частицы начинают перемещаться либо в направлении напряженности поля

(положительные ионы), либо в направлении, противоположном ей (электроны, отрицательные ионы).

При этом каждая из частиц получает добавочную энергию за счет электрического поля

$$W_q = g \cdot U_\lambda, \quad (2.1)$$

где  $g$  – электрический заряд напряженной частицы;  $U_\lambda$  – разность потенциалов на длине свободного пробега заряженной частицы.

В однородном электрическом поле

$$U_\lambda = E \cdot \lambda, \quad (2.2)$$

где  $E$  – напряженность однородного электрического поля;  $\lambda$  – длина свободного пробега частицы.

Таким образом, в однородном электрическом поле добавочная энергия, приобретенная частицей в результате воздействия электрического поля:

$$W_q = g \cdot E \cdot \lambda. \quad (2.3)$$

В конце пути свободного пробега заряженная частица сталкивается с нейтральной молекулой. Если при этом энергия заряженной частицы оказывается больше энергии ионизации нейтральной молекулы газообразного диэлектрика, то последняя расщепляется на электрон и положительно заряженный ион. Этот процесс получил название процесса ударной ионизации.

Таким образом, условие возникновения ударной ионизации описывается уравнением

$$W_q \geq W_n. \quad (2.4)$$

С учетом уравнений (2.2) и (2.3) получим:

$$E_n \cdot g \cdot \lambda \geq W_n,$$

а

$$U_\lambda = E_n \cdot \lambda \geq W_n, \quad (2.5)$$

где  $U_\lambda$  – ионизационный потенциал газообразного диэлектрика;  $E_n$  – начальная напряженность поля.

Ионизационный потенциал характеризует энергию ионизации диэлектрика. У различных газообразных диэлектриков он лежит в диапазоне от 4 до 25 В, что соответствует энергии ионизации от 4 до 25 эВ.

Так как  $\lambda$  и  $g$  для каждого из газообразных диэлектриков постоянны, то ударная ионизация начинается при определенной напряженности поля, называемой начальной напряженностью.

В ряде случаев столкновение заряженной частицы с нейтральной молекулой может не ионизировать последнюю, а принести ее в возбужденное состояние. Через определенный промежуток времени возбужденная молекула испускает фотон, отдавая при этом избыточную энергию. Фотон поглощается



другой нейтральной молекулой, которая в этом случае ионизируется, расщепляясь на электрон и положительно заряженный ион. Такая ионизация называется фотонной. Фотонная ионизация приводит к быстрому развитию канала пробоя в газообразном промежутке.

Развитие процессов ударной и фотонной ионизации при напряженности электрического поля большей, чем начальная, приводит к резкому возрастанию количества свободных носителей электрических зарядов и возникновению двух встречных источников разноименно заряженных частиц в канале пробоя.

В результате пробоя пространство, занимаемое каналом пробоя, заполнено движущимися заряженными частицами газа. Такое состояние газообразного диэлектрика получило название газоразрядной плазмы.

За счет фотонной ионизации пробой газов осуществляется практически мгновенно.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит от длительности воздействия электрического поля. При кратковременном воздействии напряжение пробоя диэлектрика, выше чем при длительном воздействии. Повышение пробивного напряжения характеризуется коэффициентом импульса

$$\beta = \frac{U_{\text{пр}}}{U_{\text{пр}50}}, \quad (2.6)$$

где  $U_{\text{пр}}$  – пробивное напряжение при данной длительности импульса;  $U_{\text{пр}50}$  – пробивное напряжение при постоянном или переменном напряжении частотой 50 Гц.

Значения коэффициента импульса находятся в диапазоне от 1 до 1,5.

Электрическая прочность газообразных диэлектриков зависит от расстояния между электродами или толщины диэлектрика. Зависимость  $E_{\text{пр}}=f(h)$  представлена на рисунке 2.1.

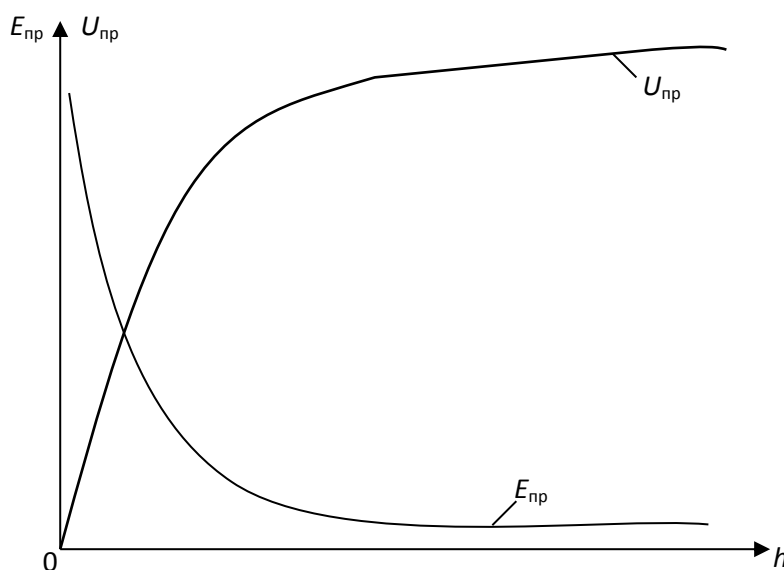


Рис. 2.1. Зависимость электрической прочности и пробивного напряжения газообразного диэлектрика от расстояния между электродами

Из рис. 2.1 видно, что с ростом толщины диэлектрика его электрическая прочность уменьшается, а пробивное напряжение увеличивается. Это объясняется тем, что при малых расстояниях между электродами затрудняется возникновение процесса ударной ионизации. Это видно из анализа уравнения (2.5).

Решив уравнение (2.5) относительно  $E_n$ , получим

$$E_n = \frac{W_n}{g \cdot \lambda}.$$

При малых расстояниях между электродами, когда  $h \geq \lambda$ , можно записать

$$E_n = \frac{W_n}{g \cdot h}. \quad (2.7)$$

Из уравнения (2.7) видим, что чем меньше толщина газообразного диэлектрика, тем больше начальная напряженность электрического поля, при которой энергия движущейся заряженной частицы обеспечивает ионизацию молекулы газообразного диэлектрика и возникновение процессов ударной и фотонной ионизации.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит также и от давления газа. Эта зависимость представлена на рисунке 2.2.

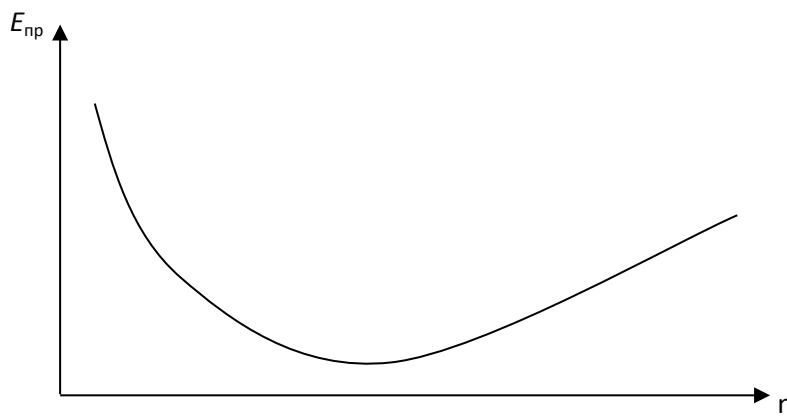


Рис. 2.2. Зависимость электрической прочности газа от давления

Как видно из рис. 2.2, при малых значениях давления наблюдается уменьшение электрической прочности с ростом давления. Такое явление объясняется тем, что при малых давлениях вероятность столкновения заряженной частицы с нейтральной молекулой незначительная, и затрудняется развитие процессов ударной и фотонной ионизации. С ростом давления плотность молекул газа увеличивается, что приводит к возрастанию

вероятности столкновений заряженных частиц с молекулами газа и облегчает развитие процессов ударной ионизации. При сверхвысоких давлениях существенно уменьшается длина свободного пробега заряженной частицы, что, согласно уравнению (2.7), приводит к росту начальной напряженности поля.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика существенно зависит от однородности электрического поля (рис. 2.3).

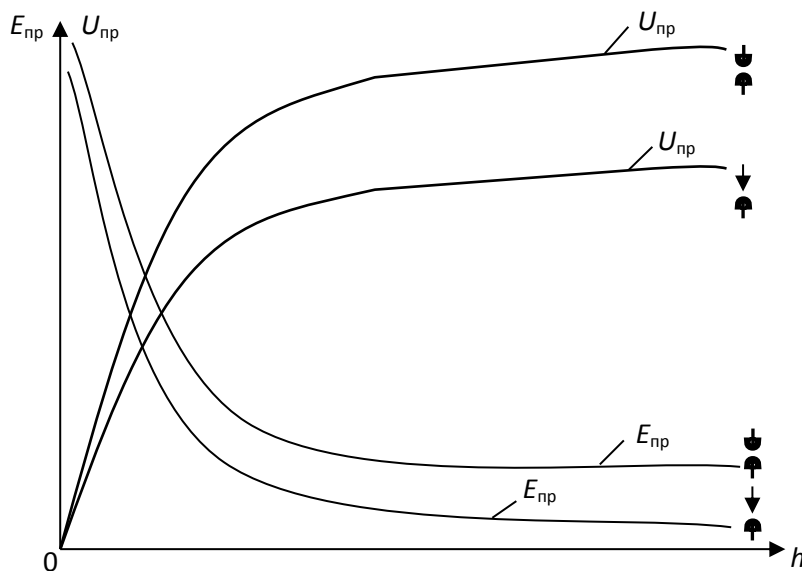


Рис. 2.3. Зависимости электрической прочности и пробивного напряжения газообразного диэлектрика от расстояния между электродами в однородном и неоднородном электрических полях

В однородных электрических полях, возникающих между плоскими электродами с закругленными краями, либо между сферическими электродами большого диаметра, электрическая прочность значительно выше, чем в неоднородных электрических полях между электродами типа «игла – игла», «полусфера – игла», «плоскость – игла» и т. п. Неоднородное электрическое поле возникает также между двумя полусферами, когда расстояние между ними больше радиуса сферы.

Меньшее значение электрической прочности газообразных диэлектриков в неоднородных электрических полях по сравнению с электрической прочностью в однородных полях объясняется тем, что при одной и той же разности потенциалов между электродами напряженность поля в точках, расположенных по кратчайшему расстоянию между двумя электродами, в неоднородных полях значительно выше, чем напряженность однородного электрического поля. Следовательно и электрический пробой газообразного диэлектрика в неоднородном электрическом поле произойдет при меньшем напряжении, приложенном к электродам, чем в однородном поле.

По разному развивается электрический пробой в однородных и неоднородных электрических полях.

В однородном электрическом поле при определенном значении напряжения, зависящем от температуры, давления газа и расстояния между электродами возникает искровой разряд, переходящий в дуговой при дальнейшем росте напряжения.

В неоднородных электрических полях вначале возникает частичный разряд в местах, где напряженность достигает максимальных значений (коронный разряд). При дальнейшем возрастании напряжения коронный разряд переходит в искровой, а затем и в дуговой разряды.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит от полярности электродов типа «игла – плоскость», «игла – сфера».

При положительной полярности иглы пробой происходит при меньшем напряжении, чем при обратной полярности. Это явление объясняется тем, что ионизация газа начинается в районе кончика иглы, независимо от ее полярности, так как именно в этой области напряженность поля максимальная. При положительной полярности иглы у ее кончика возникает положительный объемный заряд из положительно заряженных ионов газа, который как бы является продолжением иглы, способствуя уменьшению длины газообразного промежутка и соответствующему уменьшению пробивного напряжения.

При отрицательной полярности иглы образовавшийся объемный положительный заряд как бы экранирует иглу, препятствуя перемещению электронов от иглы к поверхности положительно заряженной плоскости или сферы. Наличие экрана из положительно заряженных ионов около кончика иглы и приводит к возрастанию пробивного напряжения при отрицательной полярности иглы, по сравнению с пробивным напряжением при обратной полярности иглы.

### **2.3. Пробой твердых диэлектриков**

В твердых диэлектриках могут возникать четыре вида пробоев:

- электрический пробой макроскопически однородных твердых диэлектриков;
- электрический пробой макроскопически неоднородных твердых диэлектриков;
- электротепловой (тепловой) пробой;
- электрохимический пробой.

*Электрический пробой макроскопически однородных твердых диэлектриков* развивается аналогично электрическому пробую в газообразных диэлектриках в результате осуществления процесса ударной ионизации, когда

исключено влияние электропроводности и диэлектрических потерь, обуславливающих разогрев диэлектрика.

В связи с этим, зависимости электрической прочности и пробивного напряжения твердых диэлектриков от толщины и конфигураций электродов аналогичны таким же зависимостям для газообразных диэлектриков (рис. 2.1, рис. 2.3).

*Электрический пробой* неоднородных диэлектриков характерен для технических диэлектриков, в структуре которых имеются поры и капилляры, заполненные газообразным диэлектриком. Чаще всего таким газообразным диэлектриком является воздух. Так как электрическая прочность воздуха значительно меньше электрической прочности твердых диэлектриков, то наличие капилляров и пор в структуре твердых диэлектриков обуславливает значительную меньшую электрическую прочность неоднородных диэлектриков сравнению с однородными.

С ростом толщины неоднородного твердого диэлектрика наблюдается уменьшение его электрической прочности, так как возрастает количество газовых включений.

Электрическая прочность неоднородных твердых диэлектриков зависит от однородности и неоднородности электрического поля. Но, в отличие от газообразных и однородных твердых диэлектриков, электрическая прочность неоднородных твердых диэлектриков может быть в неоднородном поле больше, чем в однородном. Это связано с тем, что при большей площади электродов, между которыми создается однородное поле, возрастает количество слабых мест (пор, капилляров, трещин и т. д.), приводящих к снижению электрической прочности твердого диэлектрика.

*Электротепловой (тепловой) пробой* связан с разогревом материала в электрическом поле за счет возрастания сквозной электропроводности и диэлектрических потерь, приводящих к потере изоляционных свойств материала. Пробивное напряжение при электротепловом пробое зависит от частоты поля, условий охлаждения, температуры окружающей среды и т. п.

Установившийся температурный режим возникает тогда, когда выделение тепла в изоляционном материале равняется теплоотдаче в окружающую среду. Этот режим описывается следующим уравнением

$$U^2 \cdot \omega \cdot c \cdot \operatorname{tg} \delta = \sigma \cdot S (t_{\text{раб}} - t_0), \quad (2.8)$$

где  $U$  – напряжение на электродах;  $\omega$  – угловая частота;  $c$  – емкость изоляционного материала;  $\operatorname{tg} \delta$  – тангенс угла диэлектрических потерь изоляционного материала  $\sigma$  – коэффициент теплоотдачи;  $S$  – поверхность изоляционного материала;  $t_{\text{раб}}$  – температура изоляционного материала;  $t_0$  – температура окружающей среды.

На рисунке 2.4 построены зависимости мощности диэлектрических потерь  $P_a$  и мощности теплоотдачи  $P_t$  от температуры.

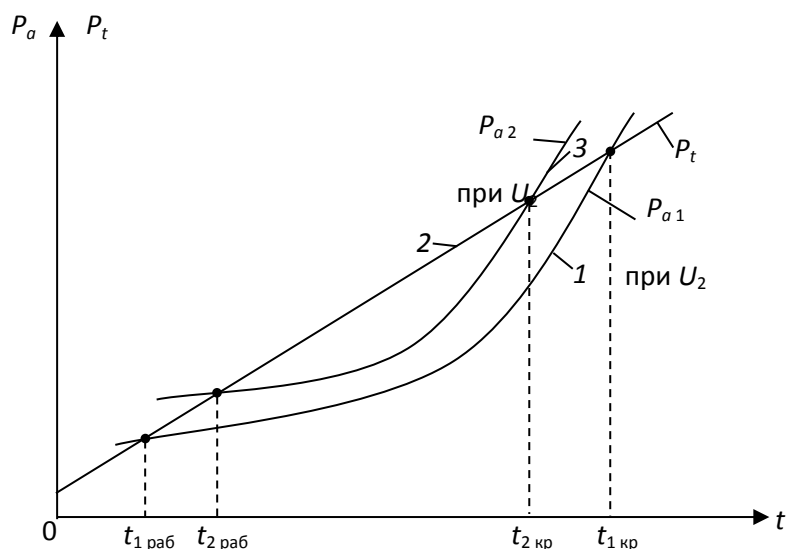


Рис. 2.4. Зависимость мощности диэлектрических потерь и мощности теплоотдачи изоляционного материала от температуры

Как видно из рис. 2.4, зависимость  $P_{a1}=f(t)$  имеет две точки пересечения с прямой  $P_t=f(t)$  и следовательно, два установившихся режима при  $t_{1раб}$  и  $t_{1кр}$ . Учитывая, что в условиях эксплуатации не исключается дополнительный разогрев изоляционного материала за счет посторонних источников тепловой энергии, рабочая температура может случайно возрасти. Если с учетом возможного возрастания  $t_{1раб} < t_{1кр}$ , то тепловой пробой не произойдет, так как количество тепла, выделяемое внутри диэлектрика, возрастает медленнее, чем увеличивается теплоотдача. Если за счет дополнительного нагрева установится соотношение  $t_{1раб} > t_{1кр}$ , то количество тепловой энергии, выделяемой в изоляционном материале, превысит теплоотдачу, и температура будет расти до полного разрушения диэлектрика. С ростом напряжения зависимость  $P_a=f(t)$  смещается вверх (см. кривую 3, полученную при  $U_2 > U_1$ ). При тех же самых условиях охлаждения повышение напряжения приводит к росту рабочей температуры ( $t_{2раб} > t_{1раб}$ ) и уменьшению критической температуры ( $t_{1кр} > t_{2кр}$ ).

Таким образом, как видно из рис. 2.4, увеличение напряжения приводит к возрастанию рабочей температуры за счет роста количества тепла, выделяемого в материале.

Выделение тепловой энергии вследствие диэлектрических потерь приводит к увеличению электрической прочности диэлектрика. На рисунке 2.5 приведены зависимости электрической прочности и пробивного напряжения

твёрдого диэлектрика от толщины при электрическом и электротепловом пробоях.

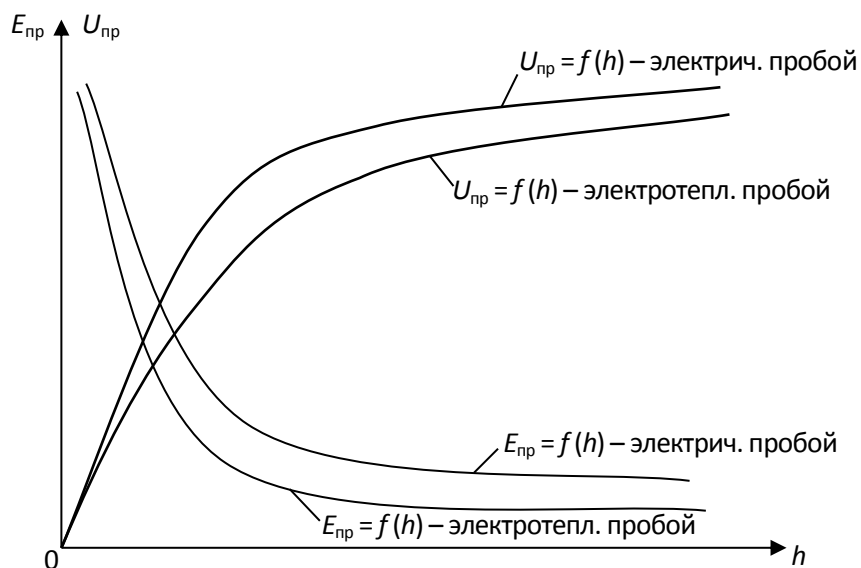


Рис. 2.5. Зависимости электрической прочности и пробивного напряжения от толщины диэлектрика

Как видно из рис. 2.5, электрическая прочность изоляционного материала при электротепловом пробое меньше, чем при чисто электрическом пробое.

Уменьшение электрической прочности при электротепловом пробое связано с одной стороны с разрушением структуры строения изоляционного материала (растрескивание, обугливание и т. д.), когда рабочая температура превышает критическую. С другой стороны, электрическая прочность при электротепловом пробое меньше, чем при электрическом даже в том случае, когда рабочая температура не превышает критическую. Такое явление можно объяснить следующим образом: с ростом температуры изоляционного материала увеличивается кинетическая энергия теплового хаотического движения заряженных частиц и нейтральных молекул твёрдого диэлектрика. Возрастание энергии теплового хаотического движения молекул приводит к тому, что полю необходимо сообщить меньшую дополнительную энергию движущихся заряженных частиц, чтобы последняя могла ионизировать нейтральную молекулу при столкновении с ней. И, следовательно, выполнение условия развития ударной ионизации наступает при меньшем напряжении, подаваемом на электроды.

## **2.4. Лабораторная работа № 1. Определение электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков. Цель работы**

Целью лабораторной работы является научить студентов определять электрическую прочность твердых и газообразных диэлектриков и выявлять зависимости электрической прочности от толщины диэлектрика и конфигурации электродов, формирование навыков использования теоретических сведений к объяснению результатов эксперимента.

### **2.5. Объект исследования**

1. Образцы твердых диэлектриков. Материал, размеры образцов и их толщины задаются преподавателем.
2. Воздух. Длины воздушных зазоров задаются преподавателем.

### **2.6. Средства измерения**

1. Испытательная высоковольтная установка с максимальным напряжением до 10 кВ. Принципиальная электрическая схема установки приведена на рис. 2.6.
2. Вольтметр переменного тока с пределом измерения до 150 В.
3. Микрометр типа МК с пределом измерения 0 – 25 мм. Цена деления микрометра – 0,1 мм.
4. Штангенциркуль. Цена деления – 0,1 мм.

### **2.7. Рабочее задание**

1. Испытать на электрической пробой образцы твердого диэлектрика различной толщины, определяя пробивное напряжение каждого из них. Число образцов и измерений определяет преподаватель.
2. Рассчитать электрическую прочность каждого образца.
3. Произвести электротепловой пробой аналогичных по химическому составу и толщине образцов твердого диэлектрика, определяя пробивное напряжение каждого образца. Количество образцов и измерений такое же, как и при испытании на электрической пробой.
4. Рассчитать электрическую прочность каждого образца при электротепловом пробое.
5. Построить для одних и тех же образцов:
  - зависимости  $U_{пр}=f(h)$  при электрическом и электротепловом пробоях в одних осях координат;



- зависимости  $E_{пр}=f(h)$  при электрическом и электротепловом пробоях в одних осях координат.
6. Осуществить электрический пробой воздуха при различных толщинах воздушного зазора  $h$ , определяя каждый раз значение пробивного напряжения. Электрический пробой произвести для двух сочетаний электродов с различной конфигурацией, заданных преподавателем.
  7. Рассчитать электрическую прочность воздуха для каждого пробоя.
  8. Построить:
    - зависимости  $U_{пр}=f(h)$  для каждого из сочетаний электродов в одних осях координат;
    - зависимости  $E_{пр}=f(h)$  для каждого из сочетаний электродов в одних осях координат.
  9. Сделать выводы по работе.

## 2.8. Методические указания по выполнению рабочего задания

### 2.8.1. Устройство и принцип действия лабораторной установки

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки для определения пробивного напряжения и электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков приведена на рис. 2.6.

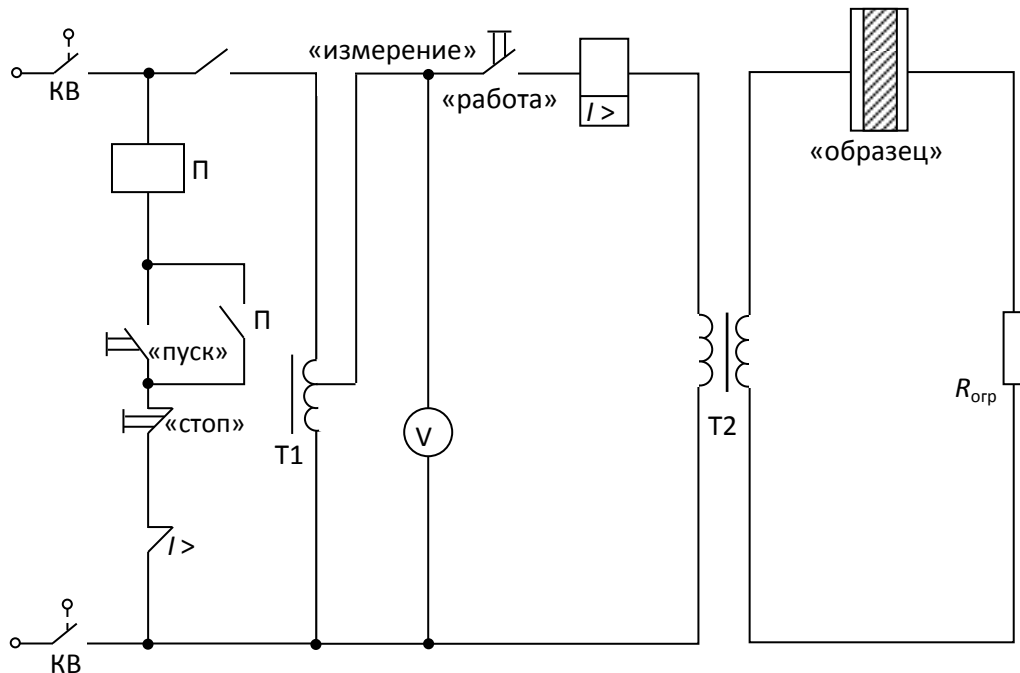


Рис. 2.6. Принципиальная электрическая схема установки

В состав установки входят:

- линейный автотрансформатор Т1, предназначенный для регулирования напряжения, подаваемого на испытательный образец;

- высоковольтный трансформатор Т2 с максимальным напряжением вторичной обмотки  $U_{2\max}=10$  кВ и коэффициентом  $K=10$ ;
- сопротивление  $R_{\text{огр}}$ , предназначенное для ограничения тока в обмотке высокого напряжения при возникновении пробоя образца;
- электромагнитный пускатель: кнопки «пуск» и «стоп»;
- сигнальная лампа «напряжение подано»;
- переключатель режима работы установки «работа – измерение»;
- многопредельный вольтметр.

В нижней части лабораторной установки находится высоковольтный трансформатор и токоограничивающее сопротивление. Эта часть установки закрыта металлическим заземленным экраном, исключающим возможность попадания работающего на установке под высокое напряжение.

На верхней, горизонтально расположенной части установки находятся линейный автотрансформатор, вольтметр, переключатель режима работы и высоковольтная камера со сменными электродами.

Принцип действия лабораторной установки заключается в следующем. При закрытой дверце высоковольтной камеры контакты концевых выключателей КВ замкнуты и электрическая цепь установки подготовлена к работе.

При нажатии кнопки «пуск», расположенной в левом верхнем углу стенда, срабатывает электромагнитный пускатель П и через его замкнутые контакты напряжение подается на автотрансформатор Т1. Одновременно в камере высокого напряжения загорается сигнальная лампа «напряжение подано». Вторая пара контактов пускателя блокирует кнопку «пуск». Напряжение с выхода автотрансформатора поступает на обмотку низкого напряжения высоковольтного трансформатора, если переключатель режима работы установлен в положении «работа». Это напряжение измеряется многопредельным вольтметром переменного тока. На обмотке высокого напряжения трансформатора создается напряжение, значение которого может быть вычислено по формуле

$$U_2 = K \cdot U_1. \quad (2.9)$$

Когда напряжение  $U_2$  достигает значения, равного напряжению пробоя  $U_{\text{пр}}$ , происходит пробой образца, и в цепи вторичной обмотки возрастает ток, амплитуда которого ограничивается сопротивлением  $R_{\text{огр}}$ . Возрастание тока вторичной обмотки вызывает соответствующее увеличение тока первичной обмотки трансформатора, в результате которого срабатывает реле максимального тока  $I >$ . Контакты этого реле размыкаются, разрывая цепь питания обмотки электромагнитного пускателя. Контакты пускателя размыкаются и отключают стенд от сети.

Обычно пробой образца происходит внезапно, что затрудняет отсчет по вольтметру напряжения, при котором произошел пробой. Поэтому для облегчения отсчета напряжения пробоя предусмотрена возможность работы установки в режиме «измерение». Для перевода установки в этот режим переключатель режима работы устанавливается в положение «измерение». В этом режиме высоковольтный трансформатор отключается от выхода автотрансформатора. Если положение рукояти автотрансформатора, регулирующей его выходное напряжение, сохранить таким же, как и в момент пробоя, то после нажатия на кнопку «пуск» вольтметр покажет то же напряжение, что было установлено при пробое.

### **2.8.2. Методика экспериментального определения пробивного напряжения и электрической прочности твердых диэлектриков при электрическом пробое**

**1.** Перед началом эксперимента необходимо проверить правильность подключения элементов установки (рис. 2.7), предварительно установив рукоятку автотрансформатора в нулевое положение и открыв дверку камеры высокого напряжения. Лампа «напряжение подано» не должна гореть.

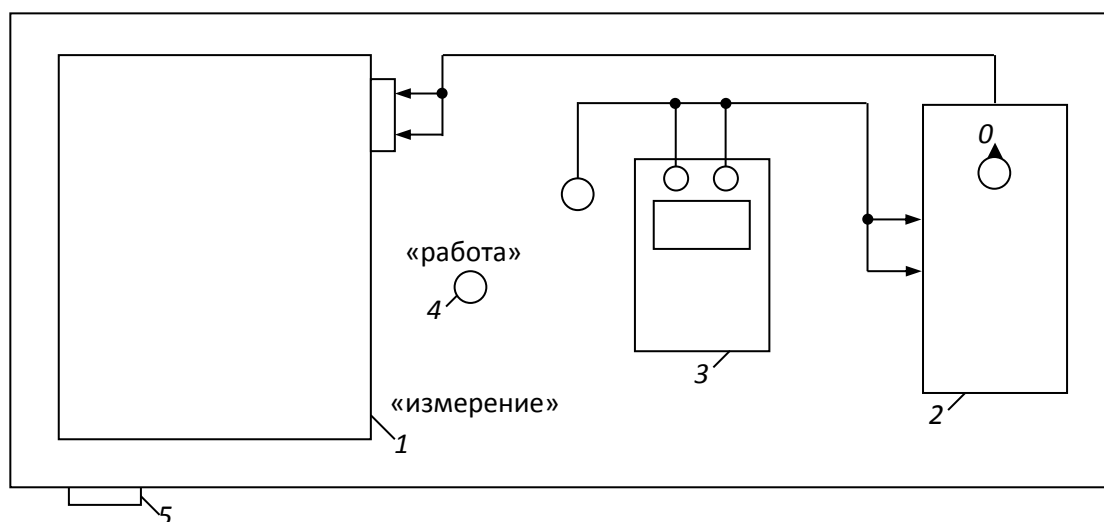


Рис. 7. Схема соединения элементов лабораторной установки:  
 1 – высоковольтная камера; 2 – линейный автотрансформатор; 3 – вольтметр; 4 – переключатель режима работы установки; 5 – кнопки «пуск» и «стоп»

**2.** Установить по указанию преподавателя сменные электроды.

3. Измерить микрометром толщину испытываемого образца диэлектрика. Рекомендуется начинать эксперимент с образца наибольшей величины. Данные измерений записать в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

**Экспериментальное определение напряженности пробоя и электрической прочности твердых диэлектриков при электрическом пробое**

№ п/п	$h$ , мм	$U_1$ , В	$U_{пр}$ , кВ	$E_{пр}$ , кВ/мм	Конфигурация электродов

Примечание: высота столбцов таблицы должна быть рассчитана для записи результатов пробоя 7 – 8 образцов.

4. Разместить образец между электродами в высоковольтной камере. Для этого необходимо отвернуть стопорный винт верхнего электрода до тех пор, пока последний не начнет свободно перемещаться. Поднять верхний электрод и поместить образец в образовавшийся зазор. Опустить верхний электрод на образец и повернуть стопорный винт в обратном направлении до упора.

5. Закрыть крышку камеры высокого напряжения.

6. Установить переключатель режима работы в положение «работа».

7. Нажать кнопку «пуск». При этом загорается лампа «напряжение подано».

8. Плавно вращая рукоятку автотрансформатора, увеличивать напряжение, подаваемое на образец, до тех пор, пока не произойдет автоматическое отключение напряжения, свидетельствующее о пробое образца. Сигнальная лампа «напряжение подано» должна погаснуть.

9. Переключатель режима работы установить в положение «измерение».

10. Нажать на кнопку «пуск». Сигнальная лампа «напряжение подано» должна загореться.

11. По вольтметру отсчитать напряжение  $U_1$ , при котором произошел пробой диэлектрика и записать в табл. 2.1.

12. Нажать кнопку «стоп». Сигнальная лампа «напряжение подано» должна погаснуть.

13. Установить рукоятку линейного автотрансформатора в нулевое положение, открыть дверцу камеры высокого напряжения и убрать пробитый образец.

14. Рассчитать пробивное напряжение и электрическую прочность образца по формуле

$$U_{пр} = \frac{K \cdot U_1}{1000}; \quad (2.10)$$

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{h}, \quad (2.11)$$

где  $U_1$  – действующее значение выходного напряжения автотрансформатора, В;  $U_{пр}$  – действующее значение напряжения пробоя образца, кВ;  $K=100$  – коэффициент

трансформации высоковольтного трансформатора;  $E_{пр}$  – электрическая прочность образца, кВ/мм.

Рассчитанные значения  $U_{пр}$  и  $E_{пр}$  записать в таблицу 2.1.

### 2.8.3. Методика экспериментального определения электрической прочности твердых диэлектриков при электротепловом пробое

1. Электротепловой пробой производится на образцах диэлектриков, аналогичных по химическому составу и геометрическим размерам образцам, использованным при электрическом пробое. Количество испытываемых образцов и их толщины задаются преподавателем.

2. Перед началом испытаний необходимо рассчитать значения начального напряжения  $U_{нач}$  и интервал, через который будет изменяться напряжение установки  $\Delta U$  по следующим формулам:

$$U_{нач} = 0,6 \cdot U_{пр} \cdot 1000; \quad (2.12)$$

$$\Delta U = 1000 \cdot U_{пр} \cdot \frac{(1-0,6)}{6 \div 7} = \frac{0,4}{6 \div 7} \cdot U_{пр} \cdot 1000, \quad (2.13)$$

где  $U_{пр}$  – пробивное напряжение образца, полученное при электрическом пробое, кВ;  $\Delta U$  – интервал, через который изменяется напряжение, приложенное к образцу при электротепловом пробое, В.

3. Выполнить пункты 3 – 7 из 2.8.2. данных методических указаний.

4. Плавно вращая рукоятку автотрансформатора, установить напряжение, подаваемое на образец, равным \_\_\_\_.

5. Выдержать образец под действием напряжения  $U_{нач}$  и в течение интервала времени, указанного преподавателем.

6. Вращая рукоятку автотрансформатора увеличить напряжение на образец на  $\Delta U$ .

7. Выдержать образец под действием напряжения в течение указанного преподавателем интервала времени.

8. Повторить операции, перечисленные в пунктах 6 и 7, до тех пор пока не произойдет пробой образца.

9. Измерить пробивное напряжение в соответствии с пунктами 9 – 13 из методики 2.8.2.

10. Рассчитать пробивное напряжение и электрическую прочность образца при электротепловом пробое по формулам (2.10) и (2.11). Данные измерений и расчётов записываются в таблицу 2.2. Пример заполнения таблицы приведен ниже.

Таблица 2.2

#### Экспериментальное определение напряжение пробоя и электрической прочности твердых диэлектриков при электротепловом пробое

№ п/п	$h$ , мм	$U_{нач}$ , В	$\Delta U$ , В	$U_1$ , В	$U_{пр}$ , кВ	$E_{пр}$ , кВ/мм	Конфигурация электродов

11. Построить зависимости  $U_{пр}=f(h)$  при электротепловом и электрическом пробоях в одних осях координат.

12. Построить зависимости  $E_{пр}=f(h)$  при электротепловом и электрическом пробоях твердого диэлектрика в одних осях координат.

#### **2.8.4. Методика экспериментального определения электрической прочности воздуха**

1. Установить электроды заданной преподавателем конфигурации в высоковольтной камере стенда.

2. Установить необходимую толщину воздушного зазора между электродами. Для этого отвернуть стопорный винт верхнего электрода и разместить калиброванные пластины между электродами. Опустить верхний электрод на поверхность пластин и зафиксировать его положение с помощью стопорного винта. Убрать калиброванные пластины из камеры.

3. Осуществить электрический пробой воздуха в соответствии с пунктами 5 – 14 из 2.8.2. данных методических указаний. Электрический пробой воздуха произвести для двух сочетаний электродов различной формы в соответствии с указаниями преподавателя.

4. Построить зависимости  $U_{пр}=f(h)$  для обоих сочетаний электродов в одних осях координат.

5. Построить зависимости  $E_{пр}=f(h)$  для обоих сочетаний электродов в одних осях координат.

### **2.9. Контрольные вопросы**

1. С помощью каких показателей характеризуется способность диэлектрика противостоять электрическому пробую?
2. Какая из величин (пробивное напряжение или электрическая прочность) более точно оценивает способность различных диэлектриков противостоять электрическому пробую?
3. Чем объяснить, что электрическая прочность пористых твердых диэлектриков ниже прочности однородных по структуре строения твердых диэлектриков?
4. Какими процессами обуславливается развитие электрического пробоя в газообразных диэлектриках?
5. В чем разница между электротепловым и чисто электрическим пробоем диэлектриков?
6. Какое явление называется пробоем диэлектриков?
7. В каком из электрических полей (однородном или неоднородном) электрическая прочность диэлектриков выше? Чем это можно объяснить?
8. По каким причинам электрическая прочность диэлектриков при тепловом пробое меньше, чем при электрическом?

9. Зависит ли электрическая прочность воздуха от полярности электродов при следующих сочетаниях электродов: игла – плоскость, игла – полусфера? Ответ аргументируйте.
10. Чем объяснить, что электрическая прочность воздуха при сочетании электродов игла плоскость или игла полусфера уменьшается в большем диапазоне, чем его прочность при сочетании электродов плоскость – плоскость, полусфера – полусфера, с ростом толщины воздушного зазора?
11. Чем объяснить, что электрическая прочность диэлектриков уменьшается с ростом толщины?
12. При каких условиях в твердых диэлектриках может произойти электротепловой пробой?
13. Почему необходимо учитывать процесс старения электрической изоляции при определении рабочего напряжения различных электрических машин?
14. Как изменяется электрическая прочность газообразных диэлектриков с ростом давления и почему?
15. Влияет ли температура на электрическую прочность диэлектриков? Ответ аргументируйте.

## Часть 3 МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 3.1. Основные характеристики магнитных веществ

Магнитное состояние вещества оценивается намагниченностью. Намагниченностью называется сумма элементарных магнитных моментов в единице объема вещества

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{V}, \quad (3.1)$$

где  $m_i$  – элементарный магнитный момент (спин электрона);  $V$  – объем образца.

Значение намагниченности зависит от напряженности магнитного поля  $H$  и связано с последней в соответствии с уравнением:

$$M = \chi \cdot H$$

где  $\chi$  – магнитная восприимчивость вещества.

В системе СИ магнитная восприимчивость является безразмерной величиной.

Под воздействием напряженности магнитного поля в веществе создается магнитная индукция, зависимость которой от напряженности поля и намагниченности материала описывается уравнением

$$B = \mu_0(H + \chi \cdot H), \quad (3.2)$$

где  $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$  – магнитная постоянная вакуума, Гн/м.

В системе СИ индукция измеряется в теслах (Тл), а в системе СГС – в гауссах (ГС).

Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля может быть также описана следующим уравнением:

$$B = \mu_a \cdot H = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H, \quad (3.3)$$

где  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость;  $\mu_r$  – относительная магнитная проницаемость.

Абсолютная магнитная проницаемость имеет ту же размерность, что и магнитная постоянная вакуума, а относительная магнитная проницаемость является безразмерной величиной.

Абсолютная и относительная магнитная проницаемости связаны между собой соотношением

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu_r. \quad (3.4)$$

Если учесть, что



$$\mu_a = \frac{B}{H},$$

а

$$\mu_r = \frac{B}{H \cdot \mu_0},$$

становится ясным физический смысл относительной магнитной проницаемости. Она показывает, во сколько раз магнитная индукция в веществе больше, чем индукция в вакууме под воздействием намагничивающих полей одинаковой напряженности.

### 3.2. Физическая природа магнетизма

Известно, что элементарный замкнутый круговой электрический ток  $i$  создает магнитное поле, основной характеристикой которого является магнитный элемент

$$\underline{m} = i \cdot \underline{S},$$

где  $\underline{S}$  – векторная величина площади, охватываемой током.

На уровне атома можно условно выделить три основные формы движения электрических зарядов, создающих элементарные магнитные моменты:

- движение электронов по круговой орбите вокруг ядра;
- вращение электронов вокруг собственной оси;
- вращение протонов ядра атома.

Наибольший магнитный момент создается за счет вращения электрона вокруг собственной оси. Этот магнитный момент получил название – спин электрона. Спины электронов могут принимать только вполне определенные дискретные значения, кратные постоянной Планка. Минимальное значение спина электрона превышает магнитный момент, создаваемый протоном, примерно в 650 раз.

Но не все электроны, создающие электронные оболочки атома, участвуют в создании магнитного момента атома. Рассмотрим, как создается результирующий магнитный момент атома вещества. Электроны в атомах вещества занимают различные энергетические уровни, которые принято изображать в виде ряда электронных оболочек. Количество оболочек в атоме химического элемента определяется номером периода таблицы Менделеева, в котором расположен данный элемент. Каждая из электронных оболочек состоит из ряда подоболочек, число которых колеблется от 1 до 4. Номер электронной оболочки индексируется цифрами от 1 до 7, а номер подоболочки буквами  $S, p, d, f$ . Пример обозначения оболочек и подоболочек приведен на рис. 3.1.

В подоболочках с индексом  $S$  могут находиться максимально 2, в подоболочках  $p$  – 6, в подоболочках  $d$  – 10 и в подоболочках  $f$  – 14 электронов.

Заполнение электронами оболочек и подоболочек у подавляющего большинства элементов подчиняются следующему правилу.

Прежде всего заполняются наиболее близко расположенные к ядру атома оболочки и подоболочки. Заполнение последующих электронных подоболочек начинается после того, как полностью заполнена предыдущая.

В полностью заполненных подоболочках половина количества электронов, заполнивших электронную подоболочку, вращаются в одном направлении, создавая спиновые моменты, направление которых условно принимается за *положительное*.

Другая половина электронов данной подоболочки вращается в противоположном направлении, создавая спиновые моменты, направление которых принимается за *отрицательное*.

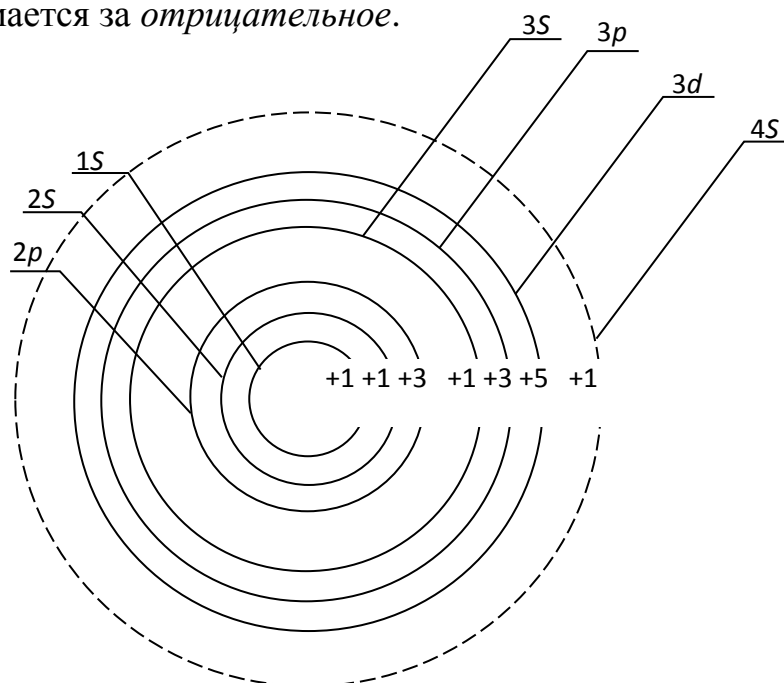


Рис. 3.1. Распределение электронов по оболочкам и подоболочкам в атоме железа

Так как количество положительных и отрицательных спинов в полностью заполненной электронной подоболочке одинаково, то они взаимокompенсируются.

Следовательно, атомы элементов, электронные оболочки и подоболочки которых полностью заполнены электронами, не имеют собственных магнитных моментов, а сами вещества слабо намагничиваются в магнитном поле.

Но у ряда химических элементов такой порядок заполнения электронами оболочек и подоболочек нарушается.

Как видно из рис. 3.1, у атома железа не заполнена полностью подболочка  $3d$ , на которой находится всего 6 электронов вместо 10, а уже заполнена следующая, валентная для железа, подболочка  $4s$ .

Пять из шести электронов подболочки  $3d$  вращаются в одном направлении, создавая положительные спины электронов. Шестой электрон вращается в направлении обратном, создавая противоположно направленный спин – отрицательный.

Таким образом в подболочке  $3d$  атома железа существует 4 нескомпенсированных спинов электронов, которые, суммируясь, вызывают появление магнитного момента у атома.

Наличие нескомпенсированных спинов электронов в различных подболочках наблюдается и у атомов ряда других элементов: кобальта, никеля, марганца и др.

Электроны, находящиеся в наружной валентной подболочке, служить источником магнитных моментов не могут, т. к. при образовании молекул и кристаллов их магнитные моменты компенсируются спинами валентных электронов соседних атомов.

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать первое условие возникновения ферромагнетизма у веществ.

Для того чтобы вещество хорошо намагничивалось и в нем создавалась большая магнитная индукция, необходимо, чтобы у атомов этого вещества существовали нескомпенсированные спины электронов в подболочках, предшествующих валентной.

Однако выполнения только одного этого условия недостаточно для того, чтобы вещество являлось ферромагнетиком. Связано это с тем, что в любом объеме вещества, с которым приходится иметь дело на практике, содержится большое количество атомов. Электроны атомов образуют многоэлектронный коллектив.

Между атомами происходит постоянный обмен электронами. При обмене между электронами соседних атомов возникает сильное электростатическое взаимодействие. Данное взаимодействие получило название «обменного», а энергия этого взаимодействия называется «обменной энергией».

Такое электростатическое взаимодействие электронов соседних атомов способно ориентировать нескомпенсированные спины электронов определенным образом. Направление ориентации спинов электронов соседних атомов определяется значением обменной энергии.

График зависимости обменной энергии от отношения  $K$  приведен на рис. 3.2.

Известно, что обменная энергия зависит от отношения

$$k = \frac{a}{r},$$

где  $a$  – расстояние между центрами соседних атомов;  $r$  – радиус электронной подболочки с некомпенсированными спинами электронов.

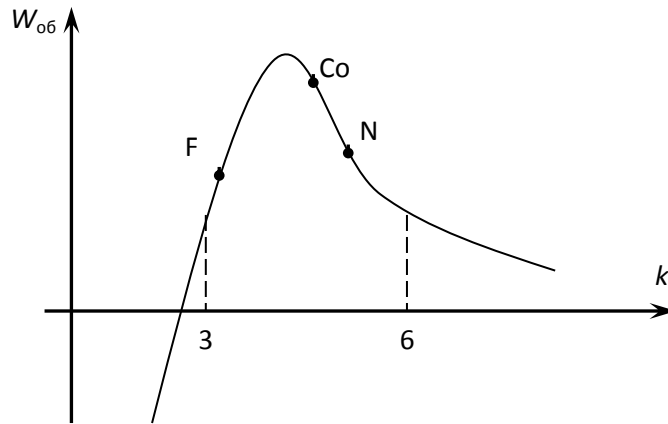


Рис. 2.2. Зависимость «обменной» энергии от геометрических размеров кристаллической решетки вещества

При  $k > 3$  обменная энергия положительна, но настолько мала, что спины электронов соседних атомов ориентируются хаотично, вещества с такой ориентацией спинов намагничиваются слабо и относятся к классу парамагнетиков. С уменьшением  $k$  значение обменной энергии возрастает, что заставляет спиновые моменты соседних атомов ориентироваться параллельно друг другу. Это приводит к тому, что спиновые моменты атомов складываются и возникает самопроизвольное намагниченное состояние вещества. При  $k = 3,5$  обменная энергия достигает максимума и при дальнейшем сближении атомов начинает убывать. Когда  $k < 3$ , обменная энергия становится отрицательной. При отрицательной обменной энергии энергетически выгодным становится взаимопротивоположная ориентация спинов электронов соседних атомов, приводящая к их взаимной компенсации. Вещества с отрицательной обменной энергией называются антиферромагнетиками.

Таким образом, второе условие возникновения ферромагнетизма в веществе заключается в том, что оно должно обладать достаточно большей положительной обменной энергией, т. е. отношение  $k$  должно находиться в диапазоне  $3 < k < 6$ .

При выполнении обоих условий в веществе возникает внутреннее магнитное поле, характеризуемое намагниченностью  $M$ , определяемой в соответствии с уравнением (3.1).

### 3.3. Классификация веществ по магнитным свойствам

В 3.2. показано, что магнитные свойства веществ зависят от наличия или отсутствия нескомпенсированных спиновых моментов в электронных оболочках атомов и от длины межуатомных расстояний между соседними атомами (отношение  $k$ ).

По способности намагничиваться под воздействием магнитного поля все вещества подразделяются на следующие большие группы: диамагнетики, парамагнетики, магнетики.

Магнетики, в свою очередь, подразделяются на ферромагнетики, ферримагнетики и антиферромагнетики. Краткая характеристика каждой из групп материалов приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

### Классификация веществ по магнитным свойствам

Группа	Ориентация спиновых электронов соседних атомов	Краткая характеристика свойств
Диамагнетики	нескомпенсированные спины электронов, отсутствуют	при отсутствии намагничивающего поля ( $H=0$ ), намагниченность $M=0$ . При $H \neq 0$ появляются индуцированные магнитные моменты и $M \neq 0$ . Отсюда $\chi = -10^{-6}$ , а $\mu_r < 1$ . Магнитная проницаемость $\mu_r$ не зависит от напряженности поля
Парамагнетики	ориентация спиновых моментов соседних атомов хаотичная	при $H=0$ , у атомов существуют собственные магнитные моменты $m$ , но намагниченность $M=0$ , из-за хаотической ориентации спиновых моментов, $10^{-6} < \chi < 10^{-3}$ . Магнитная проницаемость $\mu_r > 1$ , но не значительно и не зависит от напряженности магнитного поля

Продолжение табл. 3.1

Группа	Ориентация спиновых электронов соседних атомов	Краткая характеристика свойств
Ферромагнетики	ориентация спиновых моментов параллельная	при $H=0$ , у атомов существуют собственные магнитные моменты $m$ , возникают области с самопроизвольной намагниченностью ( $M \neq 0$ ). Но в целом намагниченность всего атома вещества равна 0. $\chi = 10^5 \dots 10^7$ . Магнитная проницаемость $\mu_r \gg 1$ и ее значение зависит от напряженности магнитного поля
Ферримагнетики (ферриты)	антипараллельная ориентация магнитных моментов разного	материалы, получаемые спеканием оксидов железа, никеля, цинка,

	значения	марганца и других металлов, являются некомпенсированными антиферромагнетиками. При $H=0$ существуют области самопроизвольного намагничивания с $M \neq 0$ . В целом вещество остается ненамагниченным. Магнитная проницаемость $\mu_r \gg 1$ и зависит от напряженности поля
Антиферромагнетики	антипаралельная ориентация спиновых моментов соседних атомов	атомы имеют собственные магнитные моменты, одинаковые по значению и противоположно направленные. При $H=0$ , намагниченность $M=0$ , т. к. эти вещества обладают отрицательной обменной энергией. Легированием других веществ могут быть превращены в ферромагнетики.

Из таблицы видно, что наиболее высокими свойствами обладают ферромагнетики и ферримагнетики, в которых можно создавать значительно большие магнитные индукции, чем в других материалах, из-за наличия у них самопроизвольной намагниченности.

### 3.4. Строение ферромагнетиков

Все процессы намагничивания и перемагничивания обусловлены магнитным взаимодействием атомов. Это взаимодействие приводит к тому, что при отсутствии внешнего магнитного поля ферромагнитные тела разбиваются на области с самопроизвольным намагничиванием, называемые *доменами*.

Объем домена колеблется в пределах  $10^{-1} \div 10^{-6} \text{ см}^3$ . Каждый из доменов намагничен до насыщения в направлении, отличном от направления намагниченности соседних доменов. Насыщенное магнитное состояние домена оценивается намагниченностью насыщения  $M_S$ , которая определяется из следующего уравнения:

$$M_S = \lim_{V \rightarrow 0} \left( \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{V} \right). \quad (3.6)$$

Направление намагниченности каждого из доменов устанавливается таким, чтобы магнитные моменты их взаимокompенсировались, и намагниченность ферромагнетика в целом равнялась нулю при отсутствии внешнего намагничивающего поля.

Рассмотрим подробнее, почему это происходит. Допустим, что ферромагнетик имеет однодоменную структуру, при которой магнитные моменты атомов ориентированы параллельно.

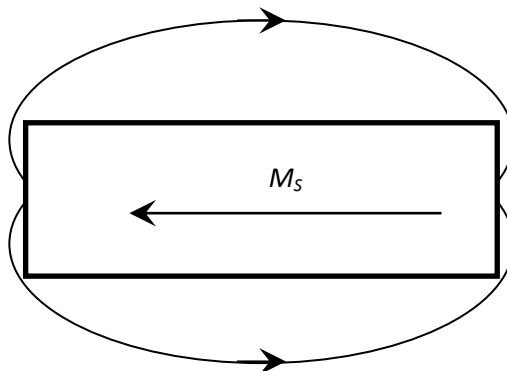


Рис. 3.3. Однодоменная структура строения ферромагнетика

При такой структуре строения (рис. 3.3.) силовые линии магнитного поля замыкаются через окружающее образец воздушное пространство, и, следовательно, в нем возникает размагничивающее поле напряженностью:

$$H_p = -N \cdot M_s, \quad (3.7)$$

где  $N$  – коэффициент размагничивания, значение которого зависит от структуры строения, ферромагнетика (числа доменов).

В отсутствие внешнего магнитного поля свободная магнитостатическая энергия образца в собственном размагничивающем поле зависит от коэффициента размагничивания и может быть определена из уравнения

$$W_{ст} = -0,5N \cdot H_p \cdot M_s = 0,5N \cdot M_s^2. \quad (3.8)$$

Так как коэффициент размагничивания имеет наибольшее значение при однодоменной структуре строения, то и свободная магнитостатическая энергия максимальна именно при такой структуре строения.

Известно, что при отсутствии внешних источников энергии вещество стремится приобрести такую структуру строения, при которой его собственная энергия была бы минимальна. С этой точки зрения однодоменная структура строения для ферромагнетика является энергетически невыгодной, так как в этом случае он обладает максимальной свободной магнитостатической энергией.

Стремясь уменьшить значение магнитостатической энергии, ферромагнетик начинает самопроизвольно делиться на области со спонтанным намагничиванием.

Энергетически более выгодными являются структуры с двумя и четырьмя доменами, рис. 3.4.

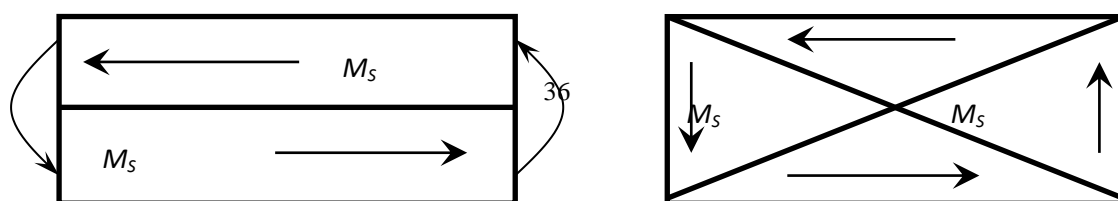


Рис. 3.4. Двухдоменная и четырехдоменная структура строения ферромагнетика

При двухдоменной структуре коэффициент размагничивания и, следовательно, свободная магнитостатическая энергия приблизительно в два раза меньше, чем при однодоменной.

Энергетически еще более выгодной является структура с четырьмя доменами. При самопроизвольном разбиении образца на 4 домена в каждом из них устанавливаются такие направления спонтанной намагниченности, при которых магнитный поток замыкается внутри образца и размагничивающее поле отсутствует,  $H_p = 0$ .

При переходе от домена к домену направление намагниченности изменяется плавно в пределах слоя, расположенного между соседними доменами. Этот слой получил название стенки, или границы (рис. 3.5).

В пределах границы происходит постепенный поворот спинов от одного направления намагниченности к другому. Толщина стенок соответствует определенному значению общей свободной энергии стенки, которая складывается из обменной энергии, магнитоупругой энергии и энергии магнитной анизотропии.

Спонтанное деление образца ферромагнетика на домены приводит к уменьшению свободной магнитостатической энергии образца. Но одновременно возрастает количество стенок между доменами, что приводит к увеличению свободной энергии, равной сумме свободных энергий всех стенок.

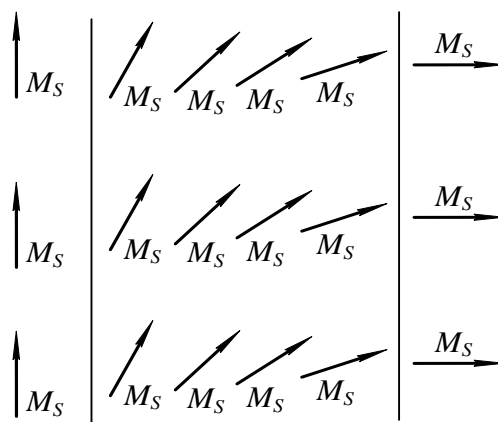


Рис. 3.5. Схема поворота спинов атома в пределах границы домена

Деление ферромагнетика на домены будет продолжаться до тех пор, пока затраты энергии на создание нового домена, равные свободной энергии стенки,



не сравниваются с уменьшением магнитостатической энергии. Дальнейшее деление ферромагнетика на домены становится энергетически невыгодным.

Доменная структура строения ферромагнетика сохраняется только до определенной температуры, называемой температурой Кюри, или точкой Кюри.

Точка Кюри соответствует равенству кинетической энергии теплового движения и обменной энергии. Поэтому у разных ферромагнетиков точка Кюри различна. Так, у железа она равна  $770\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у никеля –  $358\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у кобальта –  $1127\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При температуре выше, чем точка Кюри, кинетическая энергия теплового движения становится достаточной для преодоления ориентирующего действия обменной энергии, и состояние самопроизвольной намагниченности доменов нарушается. Ферромагнетик превращается в парамагнетик.

### 3.5. Явления магнитной анизотропии и магнитострикции

Практически все ферромагнетики состоят из большого числа кристаллов. Кристаллы различных материалов имеют разные пространственные кристаллические решетки, в узлах которых находятся атомы вещества. Так, кристалл железа представляет собой куб, в вершинах и в центре которого располагаются атомы железа (рис. 3.6, *a*).

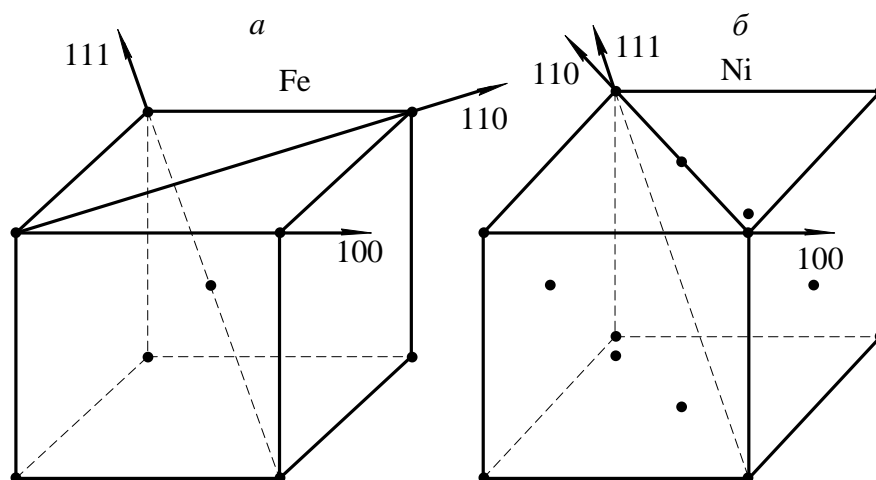


Рис. 3.6. Основные кристаллографические направления железа и никеля

В кристаллах железа различают три основных кристаллографических направления:

- 100 – направление по ребру куба;
- 110 – направление по диагонали грани куба;
- 111 – направление по диагонали грани самого куба.

Если ферромагнетик намагничивать по различным кристаллографическим направлениям, то состояние насыщения будет достигаться при разных значениях напряженности магнитного поля.

Состояние магнитного насыщения железа достигается при наименьшей напряженности намагничивающего поля, если намагничивание производится по направлению 100, т. е. по ребру куба. И наоборот, насыщение железа происходит при максимальной напряженности намагничивающего поля, если намагничивание производится по кристаллографической оси 111.

Направление 100 называется *осью легкого намагничивания*, направление 111 – *осью трудного намагничивания*.

Если железо намагничивать по кристаллографическому направлению 110, то насыщение материала достигается при меньшей напряженности намагничивающего поля, чем при намагничивании по оси 111 и большей, чем при намагничивании по кристаллографическому направлению 100. Кристаллографическое направление 110 называется *осью среднего намагничивания*. Кривые намагничивания для разных направлений железа приведены на рисунке 3.7.

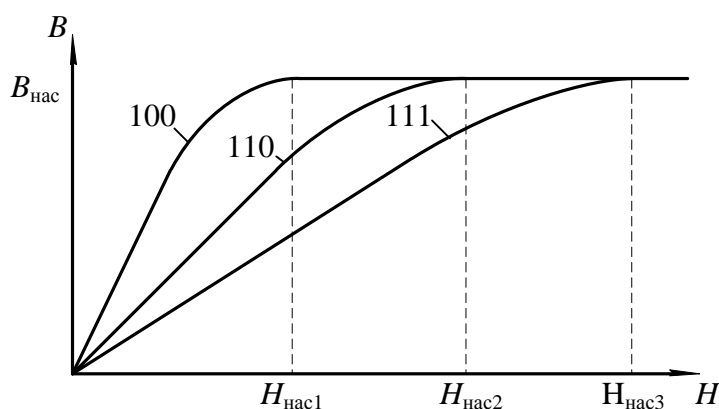


Рис. 3.7. Кривые намагничивания для разных направлений железа

В отличие от железа, у кристалла никеля атомы располагаются в вершинах и в центрах каждой грани куба. Такое расположение атомов в кристалле никеля приводит к изменению осей легкого и трудного намагничивания. У никеля осью легкого намагничивания является направление 111, а осью трудного намагничивания – кристаллографическое направление 100 (рис. 3.6, б). Направление среднего намагничивания у никеля остается таким же, что и у железа – 110.

Различие магнитных свойств у ферромагнетиков при намагничивании по различным кристаллографическим направлениям называется *магнитной анизотропией*.

Явление магнитной анизотропии учитывается при изготовлении холоднокатаных анизотропных текстурованных электротехнических сталей. У таких сталей оси легкого намагничивания всех кристаллов совпадают с направлением прокатки. Применение анизотропных холоднокатаных сталей позволяет уменьшить вес электрических машин примерно на одну треть, по

сравнению с электрическими машинами такой же мощности, в которых используется изотропная горячекатаная сталь.

Намагничивание ферромагнетиков сопровождается изменением линейных размеров образца за счет магнитного взаимодействия электронов, вызывающего изменение расстояний и деформацию кристаллической решетки. Это явление называется *магнитострикцией*. Относительное изменение линейных размеров ферромагнетика при намагничивании оценивается коэффициентом магнитострикции:

$$\lambda = \pm \frac{\Delta l}{l},$$

где  $\Delta l$  – удлинение образца ферромагнетика при намагничивании;  $l$  – исходная длина образца до намагничивания.

Значение и знак коэффициента магнитострикции зависят от направления намагничивания и вида ферромагнетика.

Так, при намагничивании кристалла железа по оси легкого намагничивания происходит его удлинение вдоль этой оси и, следовательно, коэффициент магнитострикции является положительным.

Если же железо намагничивать по оси трудного намагничивания, то происходит укорочение образца вдоль данной оси, т. е. коэффициент магнитострикции отрицателен.

В отличие от железа, у кристаллов никеля коэффициент магнитострикции отрицателен при намагничивании по оси легкого намагничивания 111, и положителен, если намагничивать кристалл по оси трудного намагничивания.

Удлинение или сжатие ферромагнетика в направлении намагничивающего поля сопровождается сжатием или удлинением, соответственно, в поперечном направлении.

Явление магнитострикции обнаруживается и во влиянии внешних механических воздействий на магнитные свойства ферромагнетиков.

Растяжение ферромагнетика внешними механическими силами вызывает облегчение, а сжатие – затруднение процесса намагничивания, если у ферромагнетика положительный коэффициент магнитострикции. Для материалов с отрицательным коэффициентом магнитострикции сжатие приводит к облегчению, а растяжение – к затруднению процесса намагничивания. Явление магнитострикции широко используется в технике. Например, в области ультразвуковой локации магнитострикционные материалы широко используются как источники ультразвука.

Явление магнитострикции, свойственное магнитным материалам, приводит к тому, что линейные размеры магнитопроводов машин переменного тока колеблются с частотой, равной частоте переменного магнитного поля. Это

приводит к возникновению дополнительных механических напряжений в местах крепления магнитопровода к корпусу электрической машины и появлению шума, что является нежелательным.

### 3.6. Намагничивание ферромагнетика

Если размагниченный ферромагнетик поместить в магнитное поле, то под воздействием напряженности поля начинается перераспределение магнитных моментов доменов, в результате которого появляется намагниченность ферромагнетика в направлении напряженности намагничивающегося поля.

Внутри ферромагнетика создается магнитная индукция, значение которой определяется намагниченностью ферромагнетика и напряженностью  $H$  намагничивающегося поля:

$$B = \mu_0(H + M). \quad (3.9)$$

В ферромагнетиках внутренняя намагниченность значительно больше напряженности намагничивающегося поля ( $H > M$ ). В связи с этим значение магнитной индукции, в основном, определяется внутренней намагниченностью ферромагнетика, а не напряженностью внешнего поля.

Рассмотрим подробнее процесс намагничивания ферромагнетика. На рис. 3.8. приведена основная кривая намагничивания.

Выделим на этой кривой участки, в пределах которых возрастание магнитной индукции обуславливается различными процессами.

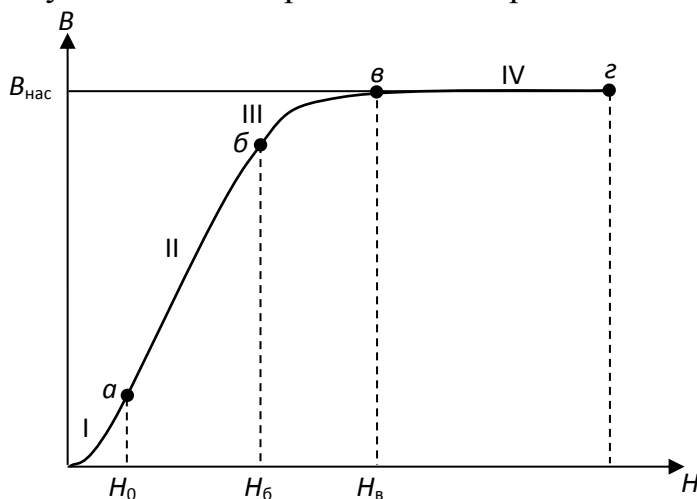


Рис. 3.8. Основная кривая намагничивания ферромагнетика

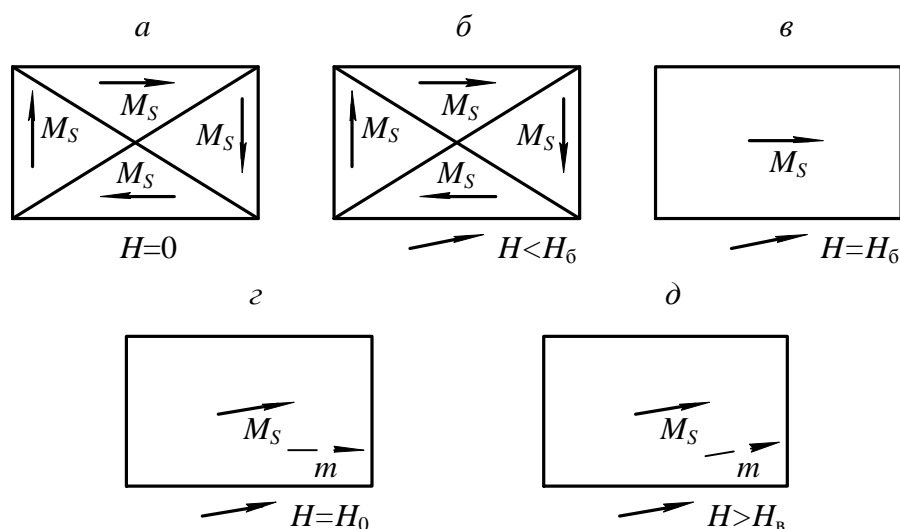


Рис. 3.9. Схема намагничивания ферромагнетика

Из параграфа 3.4. известно, что размагниченный образец ферромагнитного материала при отсутствии магнитного поля ( $H = 0$ ) самопроизвольно разбивается на домены, направление намагниченности каждого из которых такое, что суммарная намагниченность образца в целом равна 0 (рис. 3.9, а).

Намагничиваем образец, плавно увеличивая напряженность магнитного поля. В диапазоне изменения напряженности  $H$  от 0 до  $H_a$  происходит рост объема (смещение границ) тех доменов, у которых направление собственной намагниченности наиболее близко к направлению напряженности внешнего намагничивающего поля (рис. 3.9, б). Процесс роста домена в этом диапазоне осуществляется вполне упруго и без потерь энергии. Если напряженность поля опять уменьшить до 0, то ферромагнетик вернется в исходное размагниченное состояние (см. рис. 3.9, а).

При возрастании напряженности в диапазоне  $H_a < H < H_b$  магнитная индукция за счет продолжающегося смягчения границ доменов с наименьшим углом между собственностью и напряженностью намагничивающегося поля (рис. 3.9, б). Только этот процесс приобретает необратимый характер и связан с потерями энергии. Необратимость процесса на участке II кривой намагничивания (см. рис. 3.8) обусловлена тем, что неоднородные внутренние напряжения, инородные включения, пустоты и дефекты, всегда имеющиеся в материале, препятствуют смещению границ доменов. Наличие препятствий приводит к тому, что при плавном повышении напряженности поля индукция в ферромагнетике изменяется скачкообразно. Скачкообразное изменение индукции вызывает появление микроскопических вихревых токов, при

протекании которых происходит нагрев образца, т.е. в материале возникают потери энергии на намагничивание.

Чтобы размагнитить образец после того, как напряженность поля возросла до  $H > H_a$ , необходимо изменить направление напряженности поля на обратное и опять затратить энергию. Когда напряженность поля  $H = H_b$ , ферромагнетик приобретает однодоменную структуру строения (рис. 3.9, в), но направление намагниченности отлично от направления напряженности намагничивающегося поля.

Дальнейшее повышение напряженности поля вызывает рост магнитной индукции в образце за счет процесса ориентации магнитных моментов в направлении поля (поворот моментов). Когда направление магнитных моментов домена совпадает с направлением напряженности намагничивающегося поля, рост магнитной индукции практически прекратится с ростом напряженности поля (рис. 3.9, з).

Такое состояние ферромагнетика называется техническим насыщением. Напряженность поля в точке «в» кривой намагничивания обозначается  $H_s$  и называется *напряженностью насыщения*.

С дальнейшим ростом напряженности поля ( $H > H_b$ ) наблюдается медленное и весьма незначительное повышение намагниченности за счет парапроцесса, заключающегося в дополнительной ориентации спиновых моментов электронов, направление которых отлично от направления поля из-за теплового движения частиц.

### **3.7. Свойства ферромагнитных материалов в квазипостоянных магнитных полях**

*Квазипостоянным магнитным полем* называется такое переменное поле, напряженность которого изменяется с частотой, близкой к 0, и амплитудой, равной  $H_m$ .

Если предварительно размагниченный образец поместить в квазипостоянное магнитное поле, то при возрастании напряженности поля от 0 до  $+H_m$  индукция в образце увеличивается в соответствии с основной кривой намагничивания (участок *OA*, рис. 3.10).

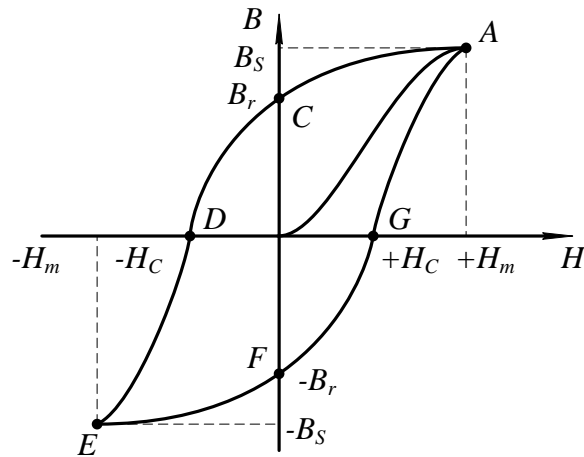


Рис. 3.10. Петля гистерезиса ферромагнетика

После того, как напряженность намагничивающего поля достигнет значения, равного амплитудному, она начинает уменьшаться до 0, вызывая снижение магнитной индукции за счет обратного поворота магнитного момента домена в направлении ближайшей оси легкого намагничивания. Когда напряженность поля станет равной 0, в ферромагнетике сохранится остаточная магнитная индукция  $B_r$  (участок AC, см. рис. 3.10). В дальнейшем напряженность намагничивающего поля изменяет свое направление на обратное и становится «отрицательной», вызывая дальнейшее уменьшение магнитной индукции (участок CD, см. рис. 3.10). На этом участке происходит необратимое разделение однодоменной структуры ферромагнетика на ряд доменов с различными направлениями собственных магнитных моментов. Когда напряженность поля  $H$  становится равной  $-H_c$  (коэрцитивная сила), ферромагнетик приобретает структуру, аналогичную структуре строения до начала намагничивания, а индукция образца становится равной нулю (точка D, см. рис. 3.10).

На участке DE напряженность поля изменяется в пределах от  $-H_c$  до  $-H_m$ . Магнитная индукция в образце возрастает за счет смещения границ доменов и последующей ориентации векторов намагниченности в направлении действия поля.

Достигнув амплитудного значения, напряженность магнитного поля начинает изменяться от  $-H_m$  до 0.

Индукция в образце уменьшается до значения, равного остаточной магнитной индукции (участок EF) за счет процесса, аналогичного процессу размагничивания ферромагнетика на участке AC.

При изменении напряженности поля от 0 до  $+H_c$  (участок FG) продолжается процесс размагничивания образца аналогично размагничиванию на участке CD. Когда  $H = H_c$ , индукция в образце равна 0.

Дальнейшее возрастание напряженности поля до амплитудного значения приводит к намагничиванию образца и возрастанию индукции.

Таким образом, зависимость магнитной индукции от напряженности квазипостоянного поля за полный цикл перемагничивания представляет петлю, называемую *петлей гистерезиса*.

Площадь петли гистерезиса пропорциональна потерям на гистерезис.

Если после каждого цикла перемагничивания увеличивать амплитуду напряженности квазипостоянного магнитного поля, то получится семейство петель гистерезиса. Причем большему значению амплитуды напряженности поля будет соответствовать петля с большей амплитудой магнитной индукции и площадью петли (рис. 3.11). Когда напряженность поля достигает значения, при котором наступает насыщение ферромагнетика, площадь петли гистерезиса максимальна. При дальнейшем возрастании амплитуды напряженности площадь петли остается постоянной, а в концах петли появляются прямолинейные участки со слабым возрастанием магнитной индукции.

Петля с наибольшей площадью называется *предельной петлей гистерезиса*.

По предельной петле гистерезиса определяются основные характеристики магнитных материалов, значения которых приводятся в справочниках; индукция технического насыщения,  $B_s$ ; напряженность поля, при которой достигается насыщение ферромагнетика,  $H_s$ ; остаточная индукция,  $B_r$ ; коэрцитивная сила,  $H_c$ .

Если через вершины семейства петель гистерезиса провести линию, то полученная кривая  $B_m = f(H_m)$  представляет собой основную кривую намагничивания.

По основной кривой намагничивания определяются абсолютная и относительная магнитные проницаемости:

$$\mu_a = \frac{B_m}{H_m}; \quad (3.10)$$

$$\mu_r = \frac{B_m}{(\mu_0 \cdot H_m)}, \quad (3.11)$$

где  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость.



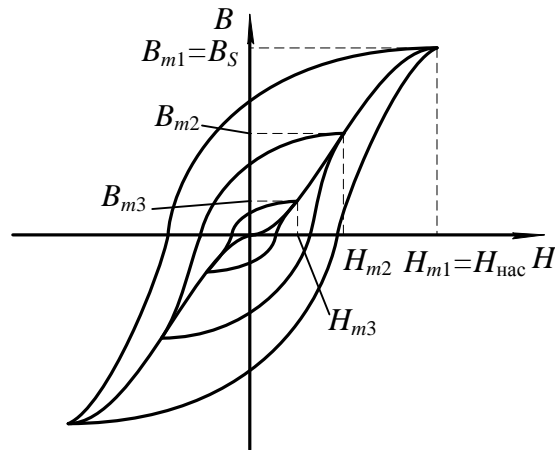


Рис. 3.11. Семейство петель гистерезиса

Определяя значение относительной магнитной проницаемости для каждого значения напряженности намагничивающего поля по основной кривой намагничивания, можно получить зависимость  $\mu_r = f(H_m)$ , (рис. 3.12).

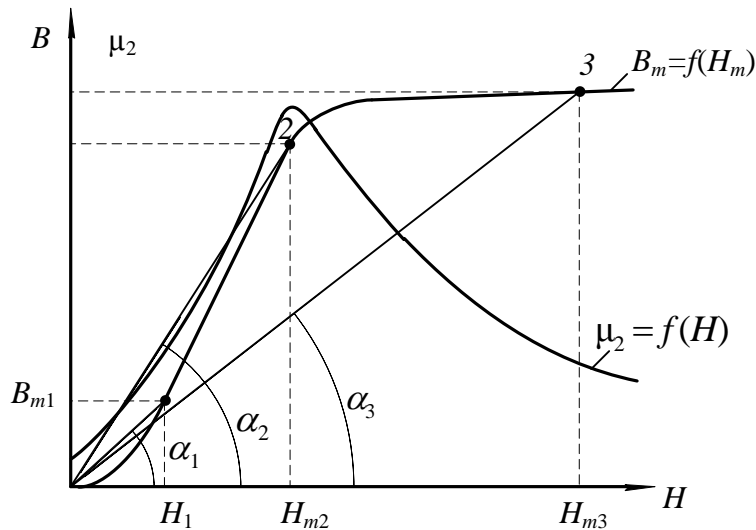


Рис. 3.12. Зависимость относительной магнитной проницаемости от напряженности поля

Как видно из рис. 3.12, относительная магнитная проницаемость с ростом напряженности поля вначале возрастает от  $\mu_{нач}$  до  $\mu_{max}$ , а затем уменьшается. Неоднозначный характер изменения  $\mu_r$  связан с видом основной кривой намагничивания. Покажем это на примере. Допустим, что необходимо определить проницаемость материала  $\mu_r$  в точках 1, 2 и 3.

Тогда, в соответствии с формулой (3.11):

$$\mu_{r1} = \frac{B_1}{(\mu_o \cdot H_1)};$$

$$\mu_{r2} = \frac{B_2}{(\mu_0 \cdot H_2)};$$

$$\mu_{r3} = \frac{B_3}{(\mu_0 \cdot H_3)}.$$

$B_1$  и  $H_1$ ,  $B_2$  и  $H_2$ ,  $B_3$  и  $H_3$  с учетом масштабов по индукции и напряженности представляют собой катеты прямоугольных треугольников с вершинами  $O_{11}$ ,  $O_{22}$  и  $O_{33}$  соответственно, а отношения  $B_1/H_1$ ,  $B_2/H_2$ ,  $B_3/H_3$  являются тангенсами углов наклона, образованных прямыми, проведенными из начала координат в точки 1, 2, 3, на кривой намагничивания.

Вследствие переменной крутизны основной кривой намагничивания, угол наклона этих прямых сначала возрастает, затем, когда ферромагнетик входит в состояние насыщения, уменьшается с ростом напряженности намагничивающего поля. Максимальное значение магнитной проницаемости  $\mu_r$  достигается в той точке кривой намагничивания, в которой прямая, соединяющая эту точку с началом координат, является касательной к кривой намагничивания. Значение магнитной проницаемости в этой точке обозначается  $\mu_{r \max}$  и обычно находится в начале участка  $b - e$  кривой намагничивания (см. рис. 3.8).

Определение магнитной проницаемости  $\mu_r$  при напряженности поля  $H = 0$  в соответствии с уравнением (3.11) лишено смысла, так как значение относительной магнитной проницаемости в этом случае неопределенно. В связи с этим введено понятие *начальной магнитной проницаемости*  $\mu_{r \text{ нач}}$ .

З а н а ч а л ь н у ю м а г н и т н у ю п р о н и ц а е м о с т ь принимается предельное значение отношения индукции, деленной на магнитную постоянную, к напряженности при стремлении напряженности магнитного поля к нулю:

$$\mu_{r \text{ нач}} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \lim_{H \rightarrow 0} \frac{B}{H}. \quad (3.12)$$

Практически начальная магнитная проницаемость  $\mu_{r \text{ нач}}$  определяется при напряженности поля  $H \leq 0,1$  А/м.

Значения начальной  $\mu_{r \text{ нач}}$  и максимальной  $\mu_{r \max}$  магнитных проницаемостей для каждого магнитного материала приводятся в справочниках.

### 3.8. Дифференциальная магнитная проницаемость

Неоднозначность зависимости магнитной индукции от напряженности поля существенно усложняет расчет и анализ цепей, содержащих магнитные элементы. С целью упрощения, расчеты и анализ электромагнитных цепей часто ведутся по основной кривой намагничивания  $B=f(H)$ , что в ряде случаев приводит к существенным ошибкам. Особенно это касается тех ферромагнитных устройств, форма и значение выходного напряжения которых зависят от того, как и в каких пределах изменяется на напряженность магнитного поля. Для таких устройств введена еще одна характеристика магнитного материала – дифференциальная магнитная проницаемость:

$$\mu_{rg} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{dB}{dH}, \quad (3.13)$$

где  $\frac{dB}{dH}$  – производная от магнитной индукции по напряженности поля в заданной точке петли гистерезиса.

Если определить  $\mu_{rg}$  в каждой точке петли гистерезиса, то можно получить зависимость  $\mu_{rg}=f(H)$ , представленную на рис. 3.13.

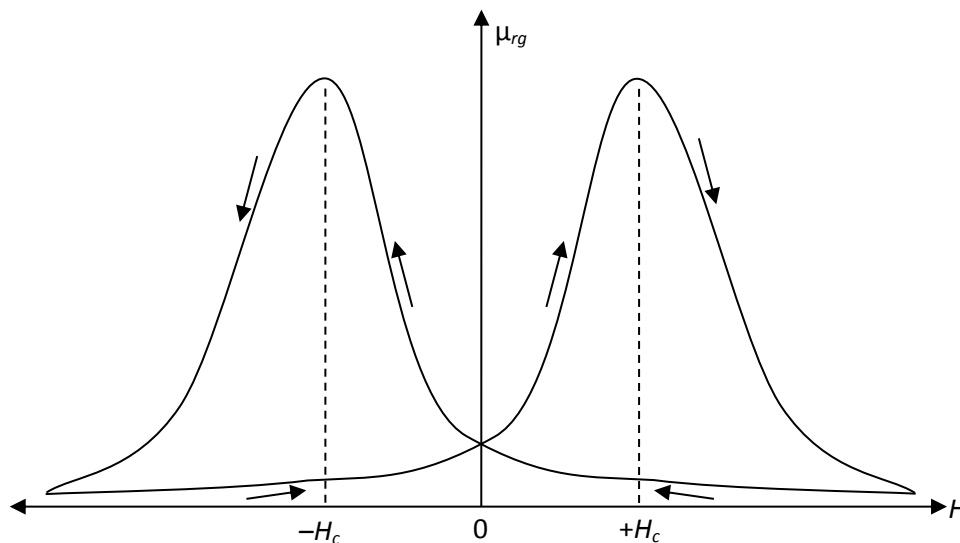


Рис. 3.13. Зависимость дифференциальной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля

Полученная зависимость  $\mu_{rg}=f(H)$  за полный цикл перемагничивания представляет собой замкнутую петлю с двумя максимумами. Максимальные значения  $\mu_{rg}$  достигаются при напряженностях магнитного поля, приблизительно равных коэффициентной силе  $H=\pm H_c$ . Минимальные значения  $\mu_{rg}$  соответствуют вершинам предельной петли гистерезиса.

В диапазоне напряженности от 0 до  $+H_c$  дифференциальная магнитная проницаемость возрастает до  $\mu_{rg\max}$ , т. к. возрастает производная от индукции по напряженности (крутизна петли гистерезиса)  $\frac{dB}{dH}$  (участок  $FG$ , рис. 3.10).

При изменении напряженности поля от  $+H_c$  до  $+H_m$   $\mu_{rg}$  уменьшается из-за уменьшения крутизны петли гистерезиса (участок  $GA$  рис. 3.10).

Последующее уменьшение  $H$  от  $+H_m$  до 0, вызывает медленное возрастание дифференциальной магнитной проницаемости, т. к. крутизна петли гистерезиса на участке  $AC$  (рис. 3.10) медленно растет.

Характер зависимости  $\mu_{rg}=f(H)$  при отрицательных значениях напряженности аналогичен характеру этой же зависимости при положительных значениях напряженности.

### **3.9. Свойства ферромагнетиков в переменных магнитных полях**

#### ***3.9.1. Динамическая петля намагничивания***

Когда на магнитный материал воздействует переменное магнитное поле, напряженность которого изменяется с частотой  $f$ , то он периодически перемагничивается с той же самой частотой. При таком циклическом перемагничивании зависимость магнитной индукции от напряженности магнитного поля представляет собой петлю, которая называется *динамической петлей намагничивания*.

Площадь динамической петли намагничивания больше площади петли гистерезиса, полученной при той же амплитуде напряженности поля. Это объясняется тем, что потери на перемагничивание в переменных магнитных полях больше, чем в квазипостоянных. Если изменять амплитуду напряженности переменного магнитного поля, то можно получить семейство динамических петель намагничивания (рис. 3.14).

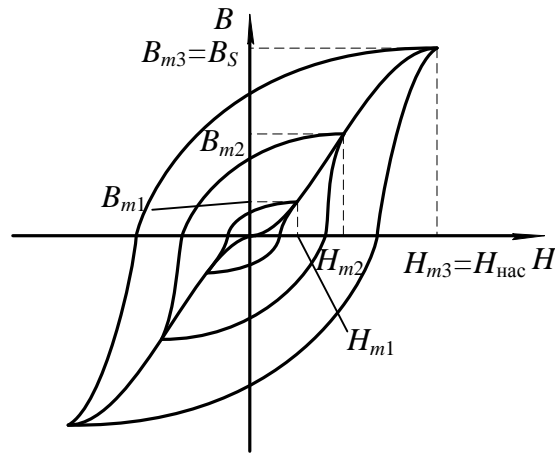


Рис. 3.14. Семейство динамических петель намагничивания

Как видно из рис. 3.14, с увеличением амплитуды напряженности магнитного поля растут амплитуда магнитной индукции и площадь динамической петли намагничивания. После того, как амплитуда напряженности поля достигает значения, при котором наступает насыщение магнитного материала, возрастание индукции и площади петли прекращается, а в вершинах петли появляются линейные участки, практически параллельные оси напряженности поля.

Петля с наибольшей площадью называется *предельной динамической петлей намагничивания*.

Если через вершины семейства динамических петель намагничивания провести линию, то полученная зависимость  $B_m = f(H_m)$  называется *основной динамической кривой намагничивания*.

По предельной динамической петле намагничивания и динамической кривой намагничивания определяются основные характеристики магнитных материалов в переменном магнитном поле аналогично определению характеристик этих материалов в квазипостоянном магнитном поле.

### **3.9.2. Эффект вытеснения магнитного поля при перемагничивании ферромагнетиков в переменном поле**

Перемагничивание в переменном магнитном поле приводит к появлению в магнитных материалах вихревых токов, протекание которых вызывает появление эффекта вытеснения магнитного поля из центра к периферии образца.

Рассмотрим подробнее это явление.

Пусть имеется образец магнитного материала площадью сечения  $S$  (рис. 3.15).

Можно разбить сечение такого образца на ряд элементарных замкнутых контуров толщиной  $\Delta h$ . Переменный магнитный поток, сцепляясь с каждым из элементарных витков, наводит в них ЭДС.

Под воздействием наведенной ЭДС в каждом из витков начнет протекать макроскопический вихревой ток, который создает свою магнитодвижущую силу  $F_{\text{вт}}$ , направленную противоположно основной магнитодвижущей силе, создающей переменный магнитный поток в образце. Таким образом, в переменном магнитном поле на магнитный материал воздействуют две магнитодвижущие силы, направленные встречно друг другу. В результате возникает результирующая магнитодвижущая сила (МДС), которая может быть определена как разность двух магнитодвижущих сил:

$$F_p = F - F_{\text{вт}},$$

где  $F_p$  – результирующая МДС;  $F$  – основная МДС, создаваемая намагничивающим током;  $F_{\text{вт}}$  – МДС вихревого тока.

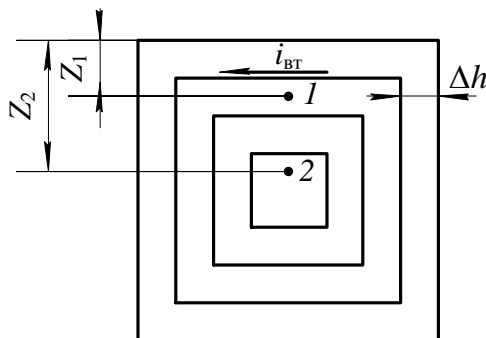


Рис. 3.15. К объяснению эффекта вытеснения

Известно, что значение магнитодвижущей силы вихревого тока в какой-либо точке сечения образца зависит от числа элементарных контуров, охватывающих данную точку. Поскольку точка 2 охвачена большим числом элементарных контуров с вихревыми токами, чем точка 1, то можно сделать вывод, что магнитодвижущая сила вихревого тока возрастает по мере удаления от поверхности образца к центру (рис. 3.16). Экспериментально установлено, что МДС вихревого тока зависит от расстояния до заданной точки от поверхности образца по экспоненциальному закону (кривые  $F_{\text{вт}1}$  и  $F_{\text{вт}2}$ ).

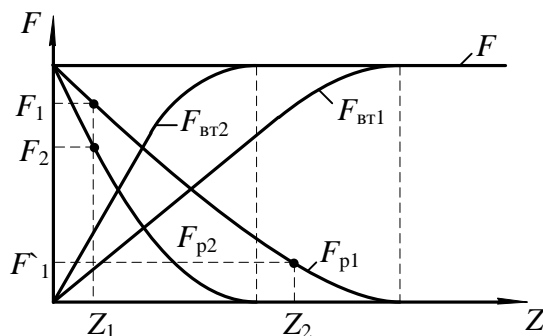


Рис. 3.16. Зависимость изменения результирующей МДС от расстояния до поверхности

образца

На рис. 3.16 построены зависимости магнитодвижущих сил от расстояния  $Z$  для двух различных частот намагничивающего поля  $f_1$  и  $f_2$  ( $f_1 > f_2$ ). Тогда результирующая магнитодвижущая сила по мере удаления от поверхности образца к его центру убывает также по экспоненциальному закону (кривые  $F_{p1}$  и  $F_{p2}$ ). Аналогично результирующей магнитодвижущей силе уменьшается и напряженность магнитного поля по мере удаления от поверхности образца к центру. Зависимость напряженности поля от расстояния определяется из уравнения:

$$H(Z) = H_{\max} \cdot e^{-bz}.$$

где  $H_{\max}$  – напряженность поля на поверхности образца;  $Z$  – расстояние от

поверхности образца;  $b = 2\pi \frac{\sqrt{\mu_p \cdot \gamma}}{C} \frac{T}{C}$ ;  $C$  – константа, обусловленная выбором системы единиц;  $T$  – период волны напряженности поля;  $\gamma$  – удельная проводимость образца.

В соответствии с изменением напряженности переменного магнитного поля уменьшается индукция в образце с увеличением расстояния от его поверхности. При достаточно большой толщине образца уменьшение индукции может привести к тому, что в центральной части сечения образца индукция будет равна 0, а магнитный поток в ней отсутствовать. Таким образом, за счет макроскопических вихревых токов возникает эффект вытеснения магнитного потока из центральной части сечения образца к периферии. Следовательно, из-за эффекта-вытеснения магнитного поля уменьшается площадь сечения образца, по которой проходит магнитный поток. Уменьшение площади сечения приводит к возрастанию магнитного сопротивления образца и соответствующему падению величины магнитного потока. Зависимость магнитного потока  $\Phi$  в ферромагнетике от магнитодвижущей силы  $F$  и от сопротивления магнитной цепи  $R_M$  описывается формулой

$$\Phi = \frac{F}{R_M}.$$

Магнитное сопротивление определяется по уравнению:

$$R_M = \frac{l}{S' \cdot \mu_a},$$

где и  $S'$  – длина и площадь сечения образца ферромагнетика, через которую проходит магнитный поток;  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость ферромагнетика.

Как видно из вышеприведенных равенств, уменьшение площади, по которой проходит магнитный поток, вызывает возрастание магнитного сопротивления образца. А увеличение магнитного сопротивления уменьшает магнитный поток в ферромагнетике при неизменной магнитодвижущей силе. Т.к. геометрические размеры образца (длина и площадь сечения) остаются постоянными при намагничивании, то уменьшение магнитного потока к снижению магнитной индукции в образце:

$$B = \frac{\Phi}{S},$$

где  $S$  – геометрическая площадь сечения образца.

Для оценки влияния эффекта вытеснения на магнитное сопротивление образца используется характеристика, называемая *глубиной проникновения переменного магнитного поля в ферромагнетик*:

$$Z_1 = \frac{1}{b},$$

где  $Z_1$  – глубина проникновения переменного магнитного поля.

*Глубиной проникновения* называется расстояние от поверхности образца, на котором амплитудное значение напряженности магнитного поля уменьшается в 2,7 раза, по сравнению с напряженностью поля на поверхности образца.

Глубина проникновения определяется химическим составом ферромагнетика и частотой магнитного поля.

Для ослабления эффекта вытеснения магнитопроводы электрических машин собирают из отдельных листов электротехнической стали, толщина которых не превышает  $Z_1$ . На поверхности листов стали наносятся электроизоляционные покрытия (лаковые, оксидные и т. п.), обладающие высокими электрическими сопротивлениями, наличие участков с высоким электрическим сопротивлением на пути протекания вихревых токов приводит к их уменьшению и соответственному ослаблению эффекта вытеснения.

При больших толщинах листов, чем  $Z_1$  или цельнолитых магнитопроводах, магнитные свойства ферромагнетиков используются плохо из-за ярко выраженного эффекта вытеснения.

Существенное влияние на эффект вытеснения оказывает частота переменного магнитного поля. Это объясняется тем, что с ростом частоты увеличивается ЭДС  $E_{вт}$ , наводимая в элементарном контуре, так как значение ее прямо пропорционально частоте. Возрастание ЭДС приводит к увеличению



вихревого тока и МДС  $F_{\text{вт}}$ . Поэтому на одном и том же расстоянии  $Z$  от поверхности образца (см. рис. 3.16) результирующая магнитодвижущая сила при большей частоте окажется меньше, чем при меньшей частоте намагничивающего тока. Следовательно, с ростом частоты глубина проникновения переменного магнитного поля уменьшается, что вызывает соответствующее снижение среднего значения индукции в образце.

На рис. 3.16 приведены зависимости  $F_p = f(Z)$  для двух значений частоты магнитного поля. Зависимость  $F_{p2} = f(Z)$  соответствует большей частоте магнитного поля, чем у  $F_{p1} = f(Z)$ .

### 3.9.3. Потери на перемагничивание в переменном магнитном поле

Потери мощности на перемагничивание в переменном магнитном поле больше, чем в квазипостоянном поле. Это связано с тем, что в переменном магнитном поле помимо потерь на гистерезис существуют также потери от вихревых токов и добавочные потери.

Потери мощности на перемагничивание определяются следующим образом:

$$P = P_r + P_{\text{вт}} + P_g, \quad (3.14)$$

где потери мощности на гистерезис:

$$P_r = \vartheta \cdot f \cdot B_{\text{max}}^n \cdot V, \quad (3.15)$$

то же от вихревых токов:

$$P_{\text{вт}} = \xi \cdot f^2 \cdot B_{\text{max}}^2 \cdot V, \quad (3.16)$$

где  $\vartheta$  – коэффициент, зависящий от марки ферромагнетика;  $\xi$  – коэффициент, зависящий от марки ферромагнетика, толщины листа и формы образца;  $V$  – объем ферромагнитного образца;  $P_g$  – добавочные потери;  $n$  – коэффициент, значение которого определяется величиной индукции в ферромагнетике.

Коэффициент  $n$  принимает следующие значения:

$$\begin{aligned} n &= 1 && \text{при } B_{\text{max}} \leq 0,1 \text{ Тл;} \\ n &= 1,6 && \text{при } B_{\text{max}} \approx 0,1 - 1,0 \text{ Тл;} \\ n &= 2 - 3 && \text{при } B_{\text{max}} > 1,0 \text{ Тл.} \end{aligned}$$

Природа добавочных потерь полностью не выяснена. Эти потери связаны со структурой строения ферромагнетика, формой и размерами зерен вещества. При практических расчетах потерь их значение принимается примерно равным (0,2 – 0,3) от суммы потерь на гистерезис и вихревые токи:

$$P_g = (0,2 - 0,3) \cdot (P_r + P_{\text{вт}}).$$

### 3.9.4. Потери на перемагничивание в переменном магнитном поле

Определение свойств ферромагнитных материалов может производиться двумя методами. Первый из них заключается в следующем. Изменяется частота магнитного поля, а индукция, создаваемая в образце, поддерживается неизменной ( $f = \text{var}$ ,  $B_m = \text{const}$ ). При втором методе с изменением частоты поля поддерживается неизменной напряженность магнитного поля ( $f = \text{var}$ ,  $H_m = \text{const}$ ).

С увеличением частоты переменного магнитного поля, при условии постоянства амплитуды магнитной индукции, в образце  $B_m = \text{const}$ , форма динамической петли приближается к эллипсу, вытянутому по оси  $H$  (рис. 3.17).

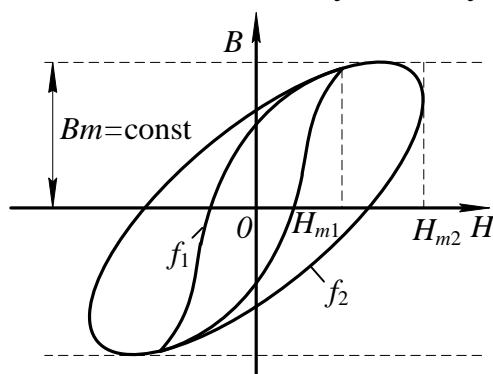


Рис. 3.17. Семейство динамических петель намагничивания

Площадь динамической петли с ростом частоты увеличивается пропорционально потерям мощности на перемагничивание.

Определив значения относительной магнитной проницаемости в вершинах семейства динамических петель намагничивания и потери на перемагничивание, можно построить зависимости  $\mu_r = F(f)$  и  $P = F(f)$ . Эти зависимости приведены на рис. 3.18.

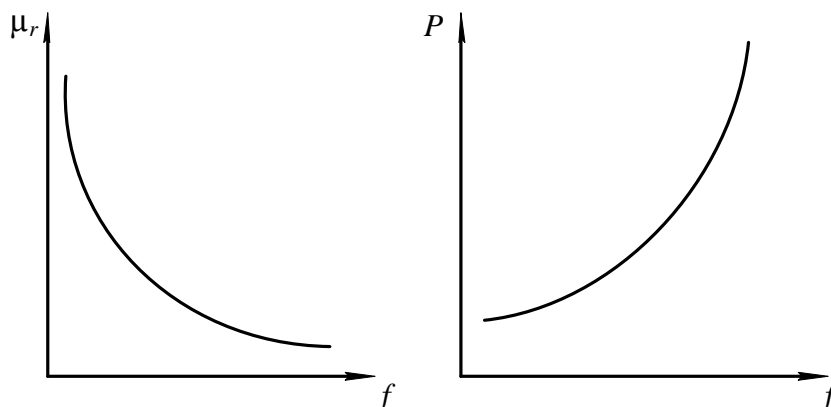


Рис. 3.18. Зависимости  $\mu_r = F(f)$

Из рис. 3.18 видно, что с ростом частоты относительная магнитная проницаемость уменьшается. Это явление можно объяснить следующим. С

возрастанием частоты переменного магнитного поля уменьшается среднее значение индукции в образце за счет усиления эффекта вытеснения магнитного поля.

Для того чтобы компенсировать уменьшение индукции, необходимо увеличивать напряженность намагничивающего поля. А так как

$$\mu_r = \frac{B_m}{H_m \cdot \mu_0},$$

то относительная магнитная проницаемость  $\mu_r$  уменьшается с ростом частоты из-за увеличения амплитуды напряженности поля  $H_m$ .

При неизменной магнитной индукции характер изменения потерь мощности на перемагничивание определяется зависимостью этих потерь от вихревых токов. А так как потери мощности пропорциональны квадрату частоты переменного поля, то и зависимость этих потерь в ферромагнетике имеет квадратичный характер от изменения частоты (см. рис. 3.18).

Если увеличивать частоту переменного магнитного поля, поддерживая постоянной его напряженность, то форма динамической петли намагничивания приближается к эллипсу, а амплитуда магнитной индукции уменьшается (рис. 3.19).

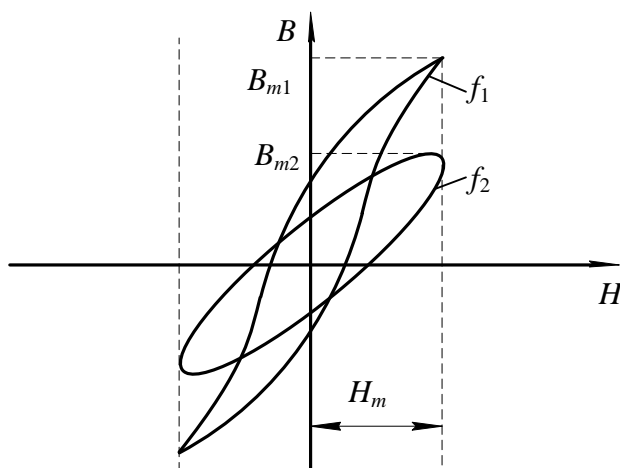


Рис. 3.19. Семейство динамических петель намагничивания при  $H_m = \text{const}$

Определив по семейству динамических петель намагничивания значения магнитной проницаемости  $\mu_r$  и потери мощности на перемагничивание, строим зависимости  $\mu_r = F(f)$  и  $P = F(f)$  (рис. 3.20).

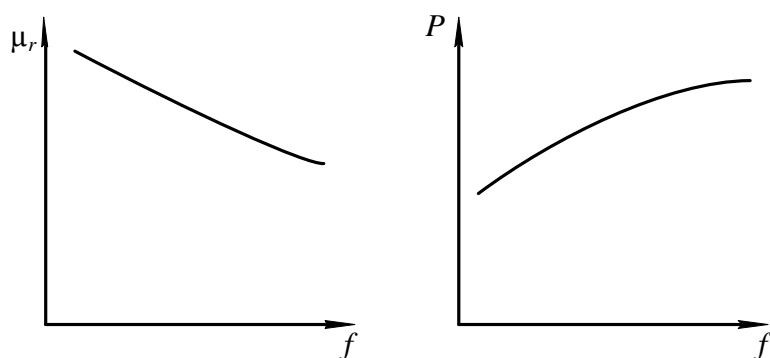


Рис. 3.20. Зависимости  $\mu_r = F(f)$  и  $P = F(f)$

С ростом частоты относительная магнитная проницаемость ферромагнетика уменьшается, но в меньших пределах, по сравнению с пределом изменения ее при  $B_m = \text{const}$  в одном и том же интервале изменения частоты. Это объясняется тем, что с ростом частоты уменьшается амплитуда магнитной индукции ферромагнетика из-за усиления эффекта вытеснения. Электродвижущая сила, наводимая в элементарном контуре  $E_{\text{вт}}$ , зависит от индукции  $B_m$  и частоты  $f$  магнитного поля:

$$E_{\text{вт}} \approx S \cdot B_m \cdot f ,$$

где  $S$  – поперечное сечение образца.

Из приведенного уравнения видно, что электродвижущая сила вихревого тока при неизменной напряженности поля возрастает с увеличением частоты медленнее, чем при постоянной амплитуде магнитной индукции, так как рост ЭДС за счет частоты частично компенсируется ее уменьшением из-за снижения магнитной индукции. Медленное возрастание электродвижущей силы, а следовательно, и вихревого тока, протекающего по элементарному контуру, приводит к тому, что эффект вытеснения при неизменной амплитуде напряженности выражен менее ярко, чем при  $B_m = \text{const}$ .

Поэтому относительная магнитная проницаемость изменяется в меньшем диапазоне по сравнению со случаем, когда магнитная индукция поддерживалась неизменно.

Анализ уравнений (3.15, 3.16) показывает, что потери на гистерезис и вихревые токи возрастают незначительно с повышением частоты, так как их рост с повышением частоты частично компенсируется за счет уменьшения магнитной индукции в образце. Таким образом, потери на перемагничивание ферромагнетика в целом медленно увеличиваются с ростом частоты магнитного поля.

### 3.10. Индукционный метод определения параметров магнитных материалов с использованием осциллографа

## Общие сведения

В связи с тем, что невозможно с достаточной степенью точности рассчитать характеристики магнитных материалов при намагничивании в переменном поле, широко используются экспериментальные методы их определения.

В настоящее время разработаны и используются на практике различные методы испытаний ферромагнитных материалов в переменном магнитном поле.

Основными из них являются:

- индукционный с использованием амперметра и вольтметра;
- индукционный с использованием фазочувствительного вольтметра (феррометр);
- индукционный с использованием осциллографического способа измерения (феррограф);
- индукционный с использованием компенсатора переменного тока;
- параметрический (мостовой).

При испытаниях индукционными методами измеряются ЭДС, индуцируемые в измерительных обмотках, и токи, протекающие по намагничивающим обмоткам, намотанным на образцах исследуемого магнитного материала.

Измерение ЭДС, пропорциональной магнитной индукции и намагничивающего тока, пропорционально магнитодвижущей силе намагничивающей обмотки, осуществляется с помощью либо показывающих приборов (амперметров и вольтметров) либо электронных осциллографов либо компенсаторов переменного тока.

Наиболее простым из индукционных методов является метод с использованием амперметра и вольтметра для определения магнитной проницаемости и потерь в образцах, основной динамической кривой намагничивания и динамических петель намагничивания. Недостатком этого метода является погрешность при перемагничивании материала до индукции свыше 1,2 Тл из-за отклонения формы кривой индукции от синусоидальной.

Наиболее точным из индукционных методов испытания магнитных материалов является компенсационный, основанный на измерении напряжений, пропорциональных индукций и напряженности магнитного поля с помощью компенсаторов переменного напряжения. С помощью этого метода определяется зависимости индукции от напряженности поля, потери на перемагничивание и т. д. Достоинствами способа являются полнота информации, высокая точность измерения, широкий диапазон измерения измеряемых величин. Недостатки заключаются в большой длительности процесса измерения, сложности и высокой стоимости аппаратуры.

Параметрический (мостовой) метод испытаний магнитных материалов, обеспечивающий высокую точность измерения в широком частотном диапазоне, заключается в определении индуктивности и сопротивления катушки с испытуемым образцом путем уравнивания мостовой схемы изменением двух переменных параметров. Метод позволяет исследовать зависимости максимальной индукции от максимального значения напряженности поля, определять магнитную проницаемость, потери на перемагничивание и составляющие комплексного магнитного сопротивления. В основном мостовой метод предназначен для определения характеристик в слабых полях, когда индукция в образце не превышает 80 % от индукции насыщения исследуемого материала.

Достоинствами данного метода являются высокая точность измерения, возможность определения практически всех характеристик, широкий частотный диапазон испытаний.

Наиболее удобным и наглядным методом исследования динамических характеристик магнитных материалов является индукционный с использованием осциллографа, суть которого заключается в измерении электрических напряжений, пропорциональных магнитной индукции и напряженности поля, с помощью электронно-лучевого осциллографа. Этот метод используется для измерения показателей и визуального наблюдения основной динамической кривой намагничивания, семейств динамических петель намагничивания, определения потерь на перемагничивание, дифференциальной магнитной проницаемости, абсолютной и относительной магнитных проницаемостей в диапазоне частот магнитного поля от 20 Гц до нескольких десятков кГц.

Основной недостаток этого метода заключается в сравнительно высокой погрешности используемого средства регистрации, составляющей несколько процентов.

Вышеперечисленные достоинства осциллографического метода измерения, обусловили его использование для исследования свойств магнитных материалов в лабораторной работе.

Рассмотрим более подробно суть этого метода.

Принципиальная электрическая схема установки для исследования магнитных материалов индукционным методом с использованием электронно-лучевого осциллографа приведена на рис. 3.21.

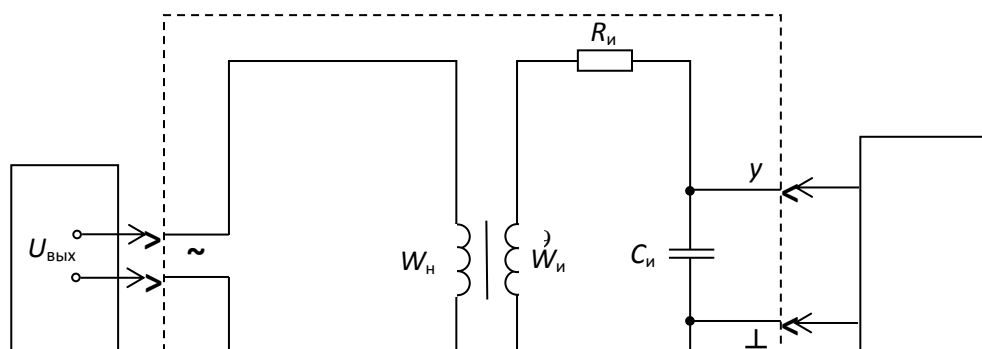


Рис. 3.21. Принципиальная электрическая схема установки:  
*1 – звуковой генератор; 2 – исследуемый образец; 3 – электронно-лучевой осциллограф*

Для обеспечения необходимой точности измерений лучше всего применять образцы, в которых исключено влияние воздушных зазоров и рассеяния магнитного тока и в которых напряженность поля во всех точках образца практически одна и та же.

Чтобы выполнить данные требования, используются кольцевые (тороидальные) образцы и образцы в виде стержней с различным отношением длины к поперечному сечению.

Кольцевые образцы, намагничиваемые по замкнутому контуру, наиболее широко применяются для испытания магнитных материалов с максимальной напряженностью магнитного поля до 50 кА/м. Площадь сечения образца должна быть постоянной по всей длине. Разность между наибольшей и наименьшей площадями сечения допускается не более 1 %. Кольцевые образцы листовых и ленточных материалов изготавливают сборкой из штампованных и точеных колец или спиральной навивкой. Ферритовые образцы изготавливаются прессованием.

Внешний диаметр образца не должен превышать внутренний более чем в 1,3 раза. Это объясняется тем, что в кольцевых образцах с большим отношением внешнего диаметра к внутреннему наблюдается сильная неравномерность намагничивания, приводящая к значительным погрешностям при исследовании.

В работе исследуются образцы из различных магнитных материалов тороидальной формы, на каждом из которых намотано по две обмотки: намагничивающая  $W_n$  и измерительная  $W_{и}$ .

Последовательно с намагничивающей обмоткой включено активное сопротивление  $R_0$ , а к зажимам измерительной обмотки подключена

интегрирующая цепь, состоящая из пассивных элементов: активного сопротивления  $R_{\text{и}}$  и конденсатора емкостью  $C_{\text{и}}$ .

При подаче на зажим «~» выходного напряжения звукового генератора  $U_{\text{вых}}$  по намагничивающей обмотке образца начнет протекать намагничивающий ток  $i_{\text{н}}$ , который создает магнитодвижущую силу, вызывающую появление в образце магнитного поля.

Мгновенное значение магнитодвижущей силы  $F_t$  связано с мгновенным значением напряженности поля в любой точке образца  $H_t$  следующим соотношением:

$$F_t = i_{\text{н}} \cdot W_{\text{н}} = 2\pi \cdot r_{\text{ср}} \cdot H_t, \quad (3.17)$$

где  $i_{\text{н}}$  – мгновенное значение намагничивающего тока;  $r_{\text{ср}}$  – средний радиус кольцевого образца, равный

$$r_{\text{ср}} = \frac{r_{\text{вн}} + r_{\text{вш}}}{2},$$

где  $r_{\text{вн}}$  – внешний радиус сердечника образца;  $r_{\text{вш}}$  – внутренний радиус сердечника образца.

Из уравнения (3.17) выразим  $H_t$  через намагничивающий ток. Получим:

$$H_t = \frac{i_{\text{н}} \cdot W_{\text{н}}}{2\pi \cdot r_{\text{ср}}}. \quad (3.18)$$

Из выражения (3.18) видно, что мгновенное значение напряженности магнитного поля в любой точке образца прямопропорционально намагничивающему току  $i_{\text{н}}$ .

Таким образом, измерив значение намагничивающего тока и зная число витков намагничивающей обмотки и средний радиус образца, можно определить по уравнению (3.18) мгновенное значение напряженности магнитного поля.

Преобразовав выражение (3.18), получим уравнение для амплитудных значений напряженности поля и намагничивающего тока.

$$H_m = \frac{I_{\text{мн}} \cdot W_{\text{н}}}{2\pi \cdot r_{\text{ср}}}. \quad (3.19)$$

Учитывая, что отклонение луча в электронно-лучевом осциллографе пропорционально значению напряжения, подаваемого на вход усилителя, возникает необходимость преобразования намагничивающего тока в напряжение. Это осуществляется последовательным включением с намагничивающей обмоткой эталонного активного сопротивления  $R_0$  (рис. 3.21). При протекании тока  $i_{\text{н}}$  по сопротивлению  $R_0$ , на последнем создается падение напряжения

$$U_x = R_0 \cdot i_{\text{н}}.$$



Амплитудное значение этого напряжения

$$U_{mx} = R_0 \cdot I_H. \quad (3.20)$$

Подставив в уравнение (3.19) вместо тока  $I_{mH}$  его выражение из (3.20), получим

$$H_m = \frac{W_H}{2\pi \cdot r_{cp} \cdot R_0} \cdot U_{mx}. \quad (3.21)$$

Из уравнения (3.21) видно, что если на вход «х» падать напряжение  $U_{mx}$  с сопротивления  $R_0$ , то отклонение луча осциллографа по горизонтальной оси прямопропорционально напряженности магнитного поля в образце.

Магнитодвижущая сила тока  $i_H$  создает в сердечнике образца магнитный поток, который наводит в измерительной наводке ЭДС

$$e = -W_H \cdot \frac{d\Phi_t}{dt} = -W_H \cdot S \cdot \frac{dB_t}{dt}. \quad (3.22)$$

где  $W_H$  – число витков измерительной обмотки;  $\Phi_t$  – мгновенное значение магнитного потока в сердечнике образца;  $S$  – площадь поперечного сечения сердечника образца;  $B_t$  – мгновенное значение магнитной индукции в сердечнике образца.

Чтобы получить на экране осциллографа динамическую петлю намагничивания надо на вход «у» электронно-лучевого осциллографа подать напряжение, которое должно быть пропорционально магнитной индукции, создаваемой в образце. С этой целью измерительная обмотка образца подсоединяется по входу интегрирующей цепи с пассивными элементами  $R_H$  и  $C_H$  (рис. 3.21).

Тогда мгновенное значение тока, протекающего по интегрирующей цепи, определяется

$$i = \frac{e}{Z_H}. \quad (3.23)$$

Если выполнить условие  $R_H \gg \omega C_H$ , то можно считать, что ток в интегрирующей цепи является практически активным ( $i=i_a$ ). Тогда напряжение на входе интегратора будет равно интегралу от ЭДС, наводимой в измерительной обмотке

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{1}{C_H} \int_0^t i \cdot dt = \frac{1}{C_H} \int_0^t \frac{e}{R_H} \cdot dt \approx -\frac{W_H \cdot S}{R_H \cdot C_H} \cdot B_t. \quad (3.24)$$

Решив уравнение (3.24) относительно величины  $B_t$  получим

$$B_t = \frac{R_H \cdot C_H}{W_H \cdot S} \cdot U_{\text{ВЫХ}}, \quad (3.25)$$

где  $R_{и}$  – активное сопротивление интегрирующей цепи;  $C_{и}$  – емкость конденсатора этой цепи.

Из уравнения (3.25) видно, что индукция в образце пропорциональна выходному напряжению интегрирующей цепи.

Переходя к амплитудным значениям индукции и выходного напряжения интегрирующей цепи, получим

$$B_m = \frac{R_{и} \cdot C_{и}}{W_{и} \cdot S} \cdot U_{m\text{ВЫХ}}, \quad (3.26)$$

Подав напряжение с выхода интегратора  $U_{m\text{ВЫХ}}$  на вход «у» и напряжение с сопротивления  $R_0$  на вход «х» осциллографа, на экране последнего получим динамическую петлю намагничивания.

Чтобы реакция измерительной цепи не влияла на форму динамической петли, желательно, чтобы магнитодвижущая сила тока измерительной обмотки была значительно меньше, чем магнитодвижущая сила тока намагниченной обмотки, т. е.

$$\frac{R_{и} \cdot C_{и}}{W_{и} \cdot S} \geq 0,001.$$

Для получения неискаженной формы динамической петли постоянная времени интегратора должна удовлетворять следующему требованию:

$$\tau_{и} = R_{и} \cdot C_{и} \geq (60 \div 100) \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f_{\min}}, \quad (3.27)$$

где  $f_{\min}$  – наименьшая частота переменного магнитного поля.

По активному сопротивлению  $R_{и}$  и емкости конденсатора  $C_{и}$ , рассчитывается постоянная времени интегрирующей цепи  $\tau_{и}$  по уравнению

$$\tau_{и} = R_{и} \cdot C_{и}. \quad (3.28)$$

Затем определяется наименьшая частота магнитного поля, при которой выходное напряжение интегратора пропорционально магнитной индукции в образце:

$$f_{\min} = \frac{60}{2\pi \cdot \tau_{и}}. \quad (3.29)$$

При частоте магнитного поля  $f < f_{\min}$  исследовать образец нельзя из-за больших искажений формы динамической петли намагничивания, вызываемых интегрирующей цепью образца.

### 3.11. Объект исследования

Образцы ферромагнитных материалов тороидальной формы с двумя обмотками: намагничивающей и измерительной. Параметры образцов и

обмоток приведены в таблицах, расположенных на корпусах образцов. Параметры образцов и обмоток записываются в табл. 3.2.

Таблица 3.2

### Данные исследуемого образца

Номер образца			Данные схемы						
средний радиус, $r_{\text{ср}}$ , м	поперечное сечение, $S$ , м <sup>2</sup>	плотность, $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Число витков		образцовое сопротивление, $R_0$ , Ом	Интегратор			наименьшая частота, $f_{\text{min}}$ , Гц
			намагничивающей обмотки, $W_n$	измерительной обмотки, $W_i$		активное сопротивление, $R_{\text{и}}$ , Ом	емкость, $C_{\text{и}}$ , Ф	постоянная времени, $\tau_{\text{и}}$ , С	

### 3.12. Средства измерения и вспомогательные средства исследования

Осциллограф универсальный типа СИ-73.

Звуковой генератор с регулируемым напряжением и частотой.

### 3.13. Подготовка осциллографа к работе

Перед включением осциллографа установить органы управления на передней панели в следующие положения:

- ручку «яркость» – в крайнее левое;
- ручку «фокус» – в среднее;
- переключатель «V/дел» – 0,01;
- ручку «усиление» - крайнее правое;
- ручку « $\updownarrow$ » – в среднее;
- переключатель « $\sim \perp \approx$ » в « $\approx$ »;
- ручку «уровень» – в крайнее правое»
- ручку « $\leftrightarrow$ » – в среднее.

Далее установить тумблер «разверт. X» на правой боковой панели в положение « $\odot$  X». Подключить осциллограф кабелем питания к сети 220 В и включить тумблер «питание» на передней панели осциллографа. При этом должна загореться сигнальная лампочка. В течение 2-3 минут прогреть

осциллограф. Пока осциллограф прогревается, необходимо нанести координатную сетку осциллографа на листки кальки. После прогрева осциллографа установите ручкой «яркость» удобную яркость точки. Рукояткой « $\updownarrow$ » установите точку на горизонтальную ось экрана осциллографа. Рукояткой « $\leftrightarrow$ » установите точку точно по центру экрана.

В результате выполнения вышеперечисленных операций осциллограф подготовлен к выполнению экспериментальной части лабораторной работы.

### 3.14. Калибровка осциллографа и определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля

Для определения амплитудных значений индукции и напряженности магнитного поля образца по динамическим петлям необходимо определить чувствительность осциллографа по входам «х» и «у». Если при зарисовке динамических петель намагничивания ручка «усиление» находится в крайнем правом положении, то чувствительность осциллографа по оси «у» определяется по числу, против которого находилась риска переключателя «V/дел», если осциллограф был правильно откалиброван. Для проверки правильности калибровки необходимо переключатель «V/дел» установить в положение «5 дел». При правильной калибровке на экране осциллографа появятся две горизонтальные линии или две точки, смещенные на 5 клеток (делений) относительно друг друга.

**Пример:** при зарисовке динамических петель намагничивания ручка «усиление» находится в крайнем правом положении, а переключатель «V/дел» – против числа 0,02. При переключении переключателя «V/дел» в положение «5 дел» на экране появились две горизонтальные линии на расстоянии 5 клеток друг от друга.

В этом случае масштаб осциллографа по входу «н» составляет

$$m_B = 0,02 \text{ В/дел.}$$

Масштаб  $m_B$  необходимо записать в табл. 3.3.

Таблица 3.3

#### Определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля

Измерено				Вычислено			
$n_B$	$m'_B$	$n_r$	$U_r$	$m_B$	$m_r$	$M_B$	$M_H$
дел.	В/дел.	дел.	В	В/дел.	В/дел.	Т\мм	А/м/мм

Если ручка «усиление» находилась в положении, отличном от крайнего правого, то расчет масштаба осуществляется следующим образом. Сохраняя ручку «усиление» в том же положении, что и при зарисовке динамических петель намагничивания, переключатель «V/дел» установить в положение «5 дел». Измерить расстояние по вертикальной оси между двумя горизонтальными линиями или точками  $n_B$  и записать в таблицу 3.3. Тогда чувствительность осциллографа по оси «у» может быть рассчитана следующим образом:

$$m_B = \frac{m'_B}{n_B} \cdot 5, \quad (3.30)$$

где  $m'_B$  – чувствительность осциллографа, определенная числом напротив переключателя «V/дел» в рабочем положении;  $n_B$  – расстояние между горизонтальными линиями в дел.

Результат расчета записывается в табл. 3.3.

При калибровке усилителя сигнала на оси «х» необходимо соединить гнездо « $\ominus X$ », расположенное на правой боковой панели. С гнездом « $\ominus \Gamma 1V$ », расположенным на левой боковой панели. Определить расстояние между двумя вертикальными линиями  $n_r$  и записать в табл. 3.3. Напряжение, подаваемое на вход усилителя  $x$ , равно 1 В. Тогда чувствительность осциллографа по горизонтальной оси (оси «х») рассчитывается по уравнению

$$m_r = \frac{U_r}{n_r}. \quad (3.31)$$

Рассчитанное значение  $m_r$  записывается в табл. 3.3.

По определенным масштабам  $m_B$  и  $m_H$  рассчитываются масштабы по индукции и напряженности магнитного поля  $M_B$  и  $M_H$  по уравнениям

$$M_B = \frac{m_B \cdot R_{и} \cdot C_{и}}{6 \cdot W_{и} \cdot S}; \quad (3.32)$$

$$M_H = \frac{m_r \cdot W_H}{6 \cdot R_0 \cdot 2\pi \cdot r_{ср}}, \quad (3.33)$$

где  $r_{ср}$  – средний радиус сердечника, м;  $R_0$  – образцовое сопротивление в цепи намагничивающей обмотки;  $W_H$  – число витков намагничивающей обмотки;  $W_{и}$  – число витков измерительной обмотки;  $R_{и}$  – сопротивление интегрирующей цепи, Ом;  $C_{и}$  – емкость интегрирующей цепи, ф;  $S$  – площадь поперечного сечения сердечника образца  $m^2$ .

Определенные масштабы  $M_B$  и  $M_H$  записываются в таблицу 3.3.

### 3.15. Подготовка звукового генератора к работе

Методика подготовки звукового генератора к работе, написана применительно к генератору ГЗ-53. При использовании генератора другого типа необходимо производить подготовку к работе согласно инструкции по эксплуатации или в соответствии с указанием преподавателя.

Перед включением звукового генератора необходимо установить органы управления на передней панели прибора в следующие положения:

- переключатель «поддиапазоны» – «Ок Hz»;
- рукоятку «частота Hz» – в положение при котором риска указателя частоты оказывается против цифры 0 на шкале частоты соответствующей поддиапазону 0 – 5 кГц;
- переключатель «пределы шкал, ослабление» – 3 в;
- рукоятка «регулировка выхода» – в положение, соответствующее значению выходного напряжения, равного нулю.

Затем следует подключить генератор кабелем питания к сети 220 В и включить переключатель «сеть». При этом должна загореться сигнальная лампа.

В течение 2 – 3 минут прогреть генератор. Если после прогрева вольтметр «напряжение выхода» покажет напряжение, отличное от нуля, необходимо плавным вращением рукоятки «уст. нуля» добиться нулевого показания вольтметра.

После выполнения вышеуказанных операций звуковой генератор подготовлен к работе.

### **3.16. Лабораторная работа №1. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях постоянной частоты». Цель работы**

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с индукционным методом измерения магнитных величин и экспериментальное определение свойств и характеристик ферромагнитных материалов при воздействии на них магнитного поля постоянной частоты с изменяющейся по амплитуде напряженностью.

### **3.17. Рабочее задание**

Собрать схему установки (рис. 3.21).

Зарисовать с экрана осциллографа семейство динамических петель намагничивания, начиная с предельной динамической петли до минимально различимой (6 – 7 петель.)

Произвести калибровку осциллографа.

По данным калибровки рассчитать масштабы по напряженности и индукции магнитного поля.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить амплитудные значения напряженности и магнитной индукции.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить удельные потери на перемагничивание.

Определить для каждой динамической петли значение магнитной проницаемости.

Рассчитать по предельной динамической петле дифференциальную магнитную проницаемость при различных значениях напряженности поля в диапазоне изменения ее от 0 до  $H_m$  и обратно.

Построить зависимости  $B_m=F(H_m)$ ,  $\mu_r=(H_m)$ ,  $\mu_{rg}=(H)$ ,  $P=F(B_m)$ .

Сделать выводы по работе.

### **3.18. Методические рекомендации к выполнению рабочего задания**

#### ***3.18.1. Подготовка к проведению эксперимента***

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо получить у лаборанта комплект соединительных проводов, осциллограф, звуковой генератор и исследуемый образец по указанию преподавателя.

Данные образца записать в табл. 3.2.

По известным параметрам интегрирующей цепи образца рассчитайте наименьшую частоту магнитного поля  $f_{\min}$  в соответствии с уравнением (3.29) и запишите ее в таблицу 3.2.

Соберите схему установки (рис. 3.21).

При сборке схемы, в соответствии с рис. 3.21, гнезда «вход у» и «L» исследуемого образца соединить с гнездом « $\ominus$  УИМ  $\Omega$  35pF» тракта вертикального отклонения луча осциллографа, а гнезда «вход х» и «L» образца с гнездом « $\oplus$  X» осциллографа.

Произведите подготовку осциллографа к работе в соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.13 данных методических указаний и звукового генератора (раздел 3.15).

#### ***3.18.2. Рекомендации по зарисовке семейства динамических петель намагничивания***

Увеличивая выходное напряжение генератора, получите на экране осциллографа предельную динамическую петлю намагничивания. Предельной динамической петлей является наибольшая по площади динамическая петля, у которой появляются «усы», свидетельствующие о начале насыщения. Наложив кальку с нанесенной координатной сеткой, зарисуйте предельную динамическую петлю намагничивания.

Уменьшая выходное напряжение звукового генератора, зарисуйте на кальку семейство 6 – 7 динамических петель от предельной до минимально различимой петли намагничивания.

### 3.18.3. Калибровка осциллографа

Калибровка осциллографа осуществляется в соответствии с пунктом 3.14 данных методических указаний. При калибровке положение точки «усиление» должно быть таким же как и во время зарисовки динамических петель.

### 3.18.4. Определение амплитудных значений индукции, напряженности магнитного поля и потерь в сердечнике образца на перемагничивание

По имеющимся на кальках изображениям определяются для каждой динамической петли намагничивания координаты вершин  $H'_m$  и  $B'_m$  в миллиметрах. Значения  $H'_m$  и  $B'_m$  записываются в табл. 3.4. Пример определения координат  $H'_m$  и  $B'_m$  приведен на рис. 3.22.

Таблица 3.4

#### Определение амплитудных значений индукции, напряженности магнитного поля и потерь в сердечнике образца на перемагничивание

Номер опыта	Измерено				Вычислено			
	$f$	$B'_m$	$H'_m$	$S_n$	$B_m$	$H_m$	$\mu_r$	$P$
	Гц	мм	мм	мм <sup>2</sup>	Т	А/м	10 <sup>3</sup>	Вт/кг



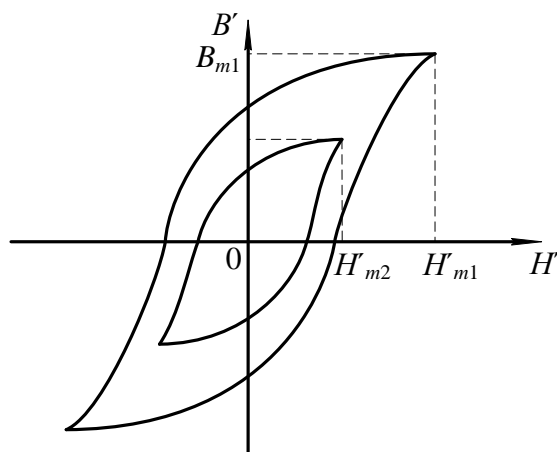


Рис. 3.22. Определение координат вершин динамических петель намагничивания

Амплитудные значения индукции и напряженности магнитного поля рассчитываются:

$$B_m = B'_m \cdot M_B. \quad (3.34)$$

$$H_m = H'_m \cdot M_H. \quad (3.35)$$

Для определения потерь на перемагничивание образца подсчитываются площади каждой из динамических петель намагничивания по клеткам миллиметровой бумаги, на которую накладывается калька с динамическими петлями намагничивания. Значения площадей записываются в табл. 3.4.

По найденным значениям  $B_m$ ,  $H_m$ ,  $S_n$  вычисляются значения относительной магнитной проницаемости и потери на перемагничивание для каждой петли

$$\mu_r = \frac{B_m}{\mu_0 \cdot H_m}; \quad (3.36)$$

$$P = \frac{S_n \cdot M_B \cdot M_H}{\gamma} \cdot f, \quad (3.37)$$

где  $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$  Гн/м – магнитная постоянная вакуума;  $f$  – частота намагничивающего потока, Гц;  $\gamma$  – плотность сердечника образца, кг/м<sup>3</sup>.

Результаты расчетов записываются в табл.3.4.

### 3.18.5. Определение дифференциальной магнитной проницаемости

Определение дифференциальной магнитной проницаемости производится по предельной динамической петле намагничивания в следующем порядке. В интервале изменения  $H'$  от 0 до  $H'_m$  откладываются 6 – 7 значений  $H'$  ( $H_0, H_1, H_2 \dots H'_m$ ) на одинаковом расстоянии друг от друга. Затем в окрестности каждого значения  $H'$  задаются приращениями  $\Delta H'$  так, чтобы эти значения  $H'$  находились посередине отрезка равного  $\Delta H'$  (рис. 3.23).

Проведя из концов  $\Delta H'$  линии, параллельные оси  $B$  до пересечения с восходящей и нисходящей ветвями предельной динамической петли намагничивания, определяем для каждого значения напряженности поля приращение индукции  $\Delta B'_1$  и  $\Delta B'_2$ .  $\Delta B'_1$  – приращение индукции, когда размагничивание осуществляется по нисходящей ветви при уменьшении напряженности поля от  $H_m$  до 0.

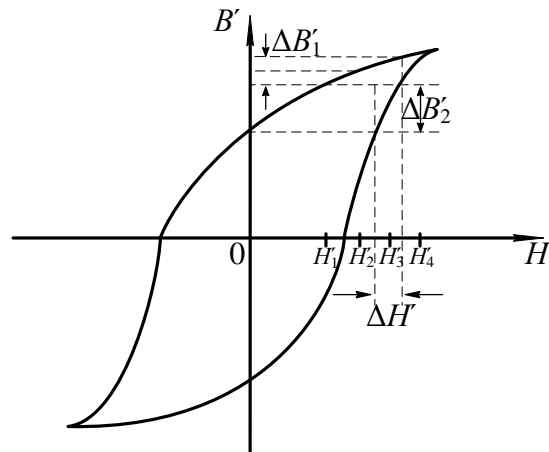


Рис. 3.23. К определению дифференциальной магнитной проницаемости

Значения напряженности  $\Delta H'$ , приращений  $\Delta H$ ,  $\Delta B'_1$ ,  $\Delta B'_2$  записываются в таблицу 3.5.

Таблица 3. 5

### Определение дифференциальной магнитной проницаемости

$H$ , мм	$\Delta H'$ , мм	$\Delta B'_1$ , мм	$\Delta B'_2$ , мм	$H$ , А/м	$\Delta H$ , А/м	$\Delta B_1$ , Тл	$\Delta B_2$ , Тл	$\mu'_{rg}$	$\mu''_{rg}$

Затем производится перерасчет значений напряженности  $H$  по уравнению (3.35), а  $\Delta H$ ,  $\Delta B'_1$ ,  $\Delta B'_2$  по нижеследующим формулам

$$\Delta H = \Delta H' \cdot M_H, \quad (3.38)$$

$$\Delta B_1 = \Delta B'_1 \cdot M_B, \quad (3.39)$$

$$\Delta B_2 = \Delta B'_2 \cdot M_B. \quad (3.40)$$

Значения дифференциальной магнитной проницаемости рассчитывается по формулам

$$\mu'_{rg} = \frac{\Delta B_1}{\mu_0 \cdot \Delta H}, \quad (3.41)$$

$$\mu''_{rg} = \frac{\Delta B_2}{\mu_0 \cdot \Delta H}. \quad (3.42)$$

При построении зависимости  $\mu_{rg}=F(H)$  по оси абсцисс откладываются значения напряженности  $H$ , а по оси ординат соответствующие им значения  $\mu'_{rg}$  и  $\mu''_{rg}$ . В результате построения должен получиться график, представленный на рис. 3.24.

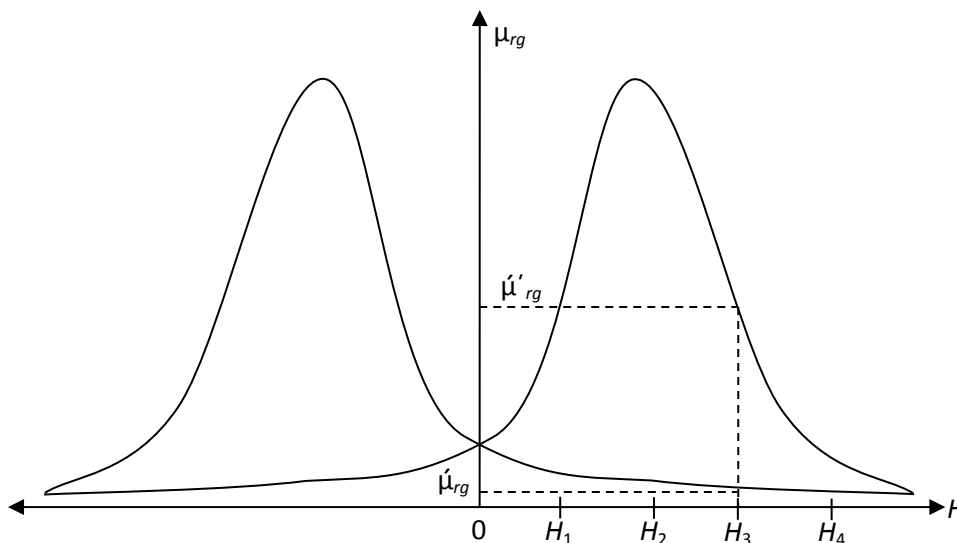


Рис. 3.25. Зависимость  $\mu_{rg}=F(H)$

### 3.19. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен иметь следующее содержание:

1. Цель лабораторной работы.
2. Характеристика и основные параметры исследуемого образца.
3. Характеристики средства измерения и вспомогательных средств исследования.
4. Таблицы с записью результатов экспериментальных исследований и расчетов.
5. Основные расчетные формулы.
6. Зависимости магнитной индукции  $B_m=F(H_m)$  и относительной магнитной проницаемости  $\mu_r=F(H_m)$ , дифференциальной магнитной проницаемости  $\mu_{rg}=F(H)$  от напряженности магнитного поля.
7. Зависимость потерь на перемагничивание от индукции в образце  $P=F(B_m)$ .

Зависимости магнитной индукции  $B_m=F(H_m)$  и относительной магнитной проницаемости  $\mu_r=F(H_m)$  необходимо строить в одной системе координат, откладывая по оси абсцисс значения  $H_m$ , а по оси ординат значения  $B_m$  и  $\mu_r$ , в выбранных для каждой из этих величин масштабах.

Отчет заканчивается выводами, в которых в краткой форме должны быть описаны характеры полученных экспериментально зависимостей и дано их теоретическое обоснование.

### 3.20. Вопросы для самоконтроля

1. Как зависит относительная магнитная проницаемость от напряженности магнитного поля?
2. Чем объяснить, что сначала магнитная проницаемость возрастает с ростом напряженности, а затем уменьшается при дальнейшем возрастании последней?
3. Как изменяется магнитная индукция в образце с ростом напряженности намагничивающего поля?
4. На чем основан принцип действия лабораторной установки?
5. Какими параметрами установки ограничивается наименьшая частота намагничивающего тока?
6. Определите наименьшую частоту магнитного поля, при которой можно исследовать образец.
7. Как зависят потери на перемагничивание от магнитной индукции, создаваемой в образце?
8. Какие причины обуславливают рост потерь на перемагничивание с ростом магнитной индукции?
9. Объясните, как осуществляется намагничивание ферромагнетиков на различных участках основной кривой намагничивания?
10. В какой точке основной кривой намагничивания относительная магнитная проницаемость максимальна?
11. Каким основным условиям должно удовлетворять вещество, являющееся ферромагнетиком?
12. Какой из видов элементарного движения электрических зарядов создает основной магнитный момент в атоме?
13. Какое явление называется магнитной анизотропией?
14. Какое явление называется магнитострикцией?
15. Почему ферромагнетик самопроизвольно делится на отдельные области, домены?
16. Какая область ферромагнетика называется доменом?
17. Как и где происходит изменение направления намагниченности между доменами?

### 3.21. Лабораторная работа №2. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях переменной частоты». Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с индукционным методом измерения магнитных величин и экспериментальное

определение свойств и характеристик магнитных материалов при воздействии на них магнитного поля переменной частоты.

### 3.22. Рабочее задание

Рассчитать для полученного образца постоянную времени интегрирующей цепочки  $\tau_{\text{и}}$  и минимальную частоту магнитного поля, при которой его можно исследовать.

Собрать схему установки (рис. 3.21).

Зарисовать с экрана осциллографа семейство динамических петель намагничивания при различных частотах намагничивающего тока, поддерживая неизменной магнитную индукцию  $B_m = \text{const}$ .

Зарисовать семейство динамических петель намагничивания при различных частотах намагничивающего тока, поддерживая неизменной напряженность магнитного поля  $H_m = \text{const}$ .

Произвести калибровку осциллографа.

По данным калибровки рассчитать масштаб по напряженности и индукции магнитного поля.

Для каждой из динамических петель намагничивания рассчитать амплитудные значения напряженности и магнитной индукции.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить потери на перемагничивание образца.

Рассчитать для каждой динамической петли значение относительной магнитной проницаемости.

Построить зависимости  $\mu_r = F(f)$ ,  $P = F(f)$  для обоих семейств динамических петель намагничивания.

Сделать выводы по работе.

### 3.23. Методические указания к выполнению рабочего задания

#### 3.23.1. Подготовка к проведению эксперимента.

Подготовка к проведению эксперимента осуществляется в соответствии с пунктом 3.18.1.

**3.23.2. Рекомендации по зарисовке семейств динамических петель намагничивания.**

Перед началом экспериментальных исследований выбирается диапазон частот магнитного поля в пределах от  $f_{\min}$  до  $f_{\max}$ , который задается преподавателем.

Зарисовка динамических петель намагничивания при различных частотах магнитного поля с неизменной магнитной индукцией в образце  $B_m = \text{const}$  производится в следующем порядке. Необходимо установить на генераторе частоту  $f = f_{\max}$ . Увеличивая выходное напряжение генератора добиться, чтобы динамическая петля намагничивания касалась двух горизонтальных линий, отстоящих друг от друга на расстоянии 5 клеток (рис. 3.26) и зарисовать на кальку.

Затем уменьшить частоту генератора на  $\Delta f$ . При этом амплитуда  $B_m$  возрастает. Уменьшая выходное напряжение генератора, восстановить прежнее значение индукции  $B_m$  в образце и снова зарисовать динамическую петлю намагничивания. В диапазоне изменения частоты генератора от  $f_{\max}$  до  $f_{\min}$  необходимо зарисовать шесть – семь петель, сохраняя индукцию в образце неизменной при каждой частоте.

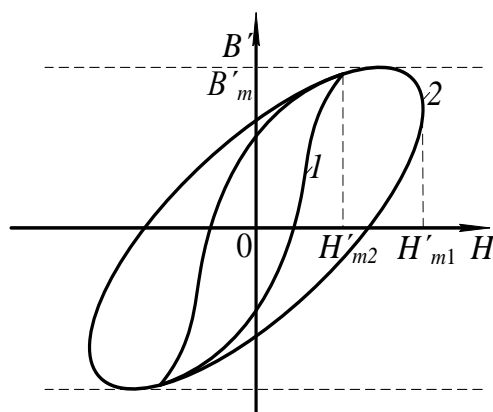


Рис. 3.26. Свойство динамических петель намагничивания с постоянной магнитной индукцией и различной частотой магнитного поля

Зарисовка семейства динамических петель намагничивания на различных частотах магнитного поля при постоянной напряженности магнитного поля в образце производится следующим образом. Частота звукового генератора устанавливается равной  $f_{\min}$ . Увеличивая выходное напряжение генератора добиваются максимальной по размеру экрана магнитной индукции  $B_m$ . Через вершины петель параллельно оси  $B_m$  проводятся две вертикальные линии на кальке. Затем увеличивают частоту генератора до следующего значения. При этом ширина динамической петли или  $H_m$  уменьшится. Увеличивая выходное напряжение генератора, добиваются, чтобы динамическая петля касалась

линий, проведенных параллельно оси  $B_m$  и зарисовывают петлю на кальку (см. рис. 3.27).

Изменяя частоту генератора в диапазоне от  $f_{\min}$  до  $f_{\max}$  зарисовывают 6 – 7 динамических петель намагничивания на различных частотах, сохраняя  $H_m = \text{const}$  по вышеприведенной методике.

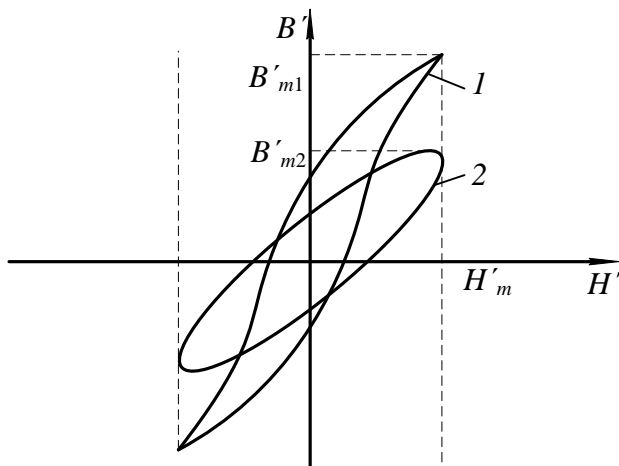


Рис. 3.27. Семейство динамических петель намагничивания при  $H_m = \text{const}$

### 3.23.2. Рекомендации по зарисовке семейств динамических петель намагничивания.

Определение амплитудных значений индукции и напряженности магнитного поля потерь в сердечнике, значений относительной магнитной проницаемости для вершин каждой из зарисованных динамических петель намагничивания производится в соответствии с методикой, изложенной в пункте 3.18.4 данных методических указаний.

## 3.24. Содержание отчета

Содержание отчета по данной лабораторной работе должно отличаться от содержания отчета по лабораторной работе 1 (см. 3.19) полученными экспериментально зависимостями.

В этой работе определяются и строятся графики зависимостей  $\mu_r = F(f)$ ,  $P = F(f)$ , когда  $B_m = \text{const}$ , и эти же зависимости, когда  $H_m = \text{const}$ . Необходимо строить зависимости  $\mu_r = F(f)$  при  $B_m = \text{const}$  и  $\mu_r = F(f)$  при  $H_m = \text{const}$  в одной системе координат откладывая по оси абсцисс значения  $H_m$ , а по оси ординат – значения  $\mu_r$ .

Аналогично, в одной системе координат строятся зависимости  $P = F(f)$  для обоих режимов испытания образца.

## 3.25. Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается динамическая петля намагничивания от петли гистерезиса?
2. Какие виды потерь существуют при перемагничивании ферромагнетика в переменном магнитном поле?
3. От каких параметров намагничивающего поля и как зависят потери на гистерезис?
4. От каких параметров намагничивающего поля и как зависят потери на вихревые токи?
5. Объясните суть явления вытеснения магнитного поля.
6. К каким последствиям приводит явление вытеснения магнитного поля?
7. Почему с ростом частоты уменьшается индукция, если  $B_m = \text{const}$ ?
8. Почему с ростом частоты уменьшается магнитная индукция, если  $H_m = \text{const}$ ?
9. Как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при  $B_m = \text{const}$ ?
10. Как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при  $H_m = \text{const}$ ?
11. Почему в одном и том же диапазоне изменения частоты относительная магнитная проницаемость изменяется в больших пределах, когда, как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при  $B_m = \text{const}$ , а не при  $H_m = \text{const}$ ?
12. Почему в одном и том же диапазоне изменения частоты потери на перемагничивание ферромагнетика изменяются в больших пределах при  $B_m = \text{const}$ , а не при  $H_m = \text{const}$ ?



## Часть 4

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1. «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ДВУХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ»

### 4.1. Требование к оформлению контрольной работы

Контрольная работа состоит из двадцати вариантов с нумерацией вариантов от 0 до 19.

Номер варианта задачи, решаемой студентами в контрольной работе, определяется суммой двух последних цифр шифра студента. Например, если номер шифра студента 4298, то номер варианта задачи – 17.

К оформлению контрольной работы предъявляются следующие требования:

1. Контрольная работа выполняется в тетради, на обложке которой должны быть указаны фамилия, имя, отчество студента, учебный шифр, наименование дисциплины и домашний адрес.

2. Условия задачи переписываются полностью, без сокращений.

3. Текстовая часть, формулы, числовые выкладки должны быть выполнены чернилами без помарок и исправлений.

4. Графическая часть работы выполняется в карандаше с помощью чертёжных инструментов.

5. Электрические схемы вычерчиваются с соблюдением установленных стандартом условных обозначений.

6. Ответы на вопросы должны быть аргументированы теоретически с использованием в необходимом объёме рисунков, графиков.

7. В конце работы необходимо привести список использованной при выполнении контрольной работы литературы.

8. После списка литературы необходимо проставить дату выполнения работы и подпись.

### 4.2. Задание на контрольную работу

Питание электротехнической установки осуществляется с помощью кабельной линии длиной  $l$ . Кабель со свинцовой оболочкой имеет две токопроводящие жилы радиусом  $R$  (Рис.1). В качестве электрической изоляции жил друг от друга и жил от оболочки использована кабельная бумага. В пористой структуре диэлектрика имеются капилляры, заполненные воздухом. К жилам кабеля приложено переменное напряжение, действующее значение которого  $U$ , частотой  $f$ . При расчёте считать, что электрическое поле внутри кабеля однородно.

Требуется определить:

- 1) ёмкость между жилами кабеля,  $C_K$ ;
- 2) сопротивление изоляции между жилами кабеля,  $Z_{из}$ ;
- 3) значение тока утечки между жилами кабеля,  $I_y$ ;
- 4) диэлектрические потери в изоляции кабеля,  $P$ ;
- 5) пробивное напряжение изоляции между жилами кабеля,  $U_{пр}$ ;

б) ёмкость  $C_{кп}$ , сопротивление изоляции  $Z_{изп}$  и ток утечки  $I_{уп}$  диэлектрические потери  $P_p$ , пробивное напряжение  $U_{прп}$  при условии, что оболочка кабеля заполнена газообразным либо жидким диэлектриком. При расчёте принять, что поры и капилляры полностью заполнены этим диэлектриком;

7) после расчёта составить таблицу сравнительных данных кабелей без пропитки и с пропиткой и произвести анализ влияния пропитки изоляции кабеля на его электрические свойства;

8) определить соответствие изоляционных свойств электрической изоляции кабеля требованиям правил установки электропотребителей (ПУЭ);

Геометрические размеры кабеля и электрические параметры диэлектриков, использованных в качестве изоляции, приведены в таблице 4.1.

### Вопросы к контрольной работе

1. Дайте расшифровку цифр, используемых в обозначениях марок электрических сталей.
2. На основной кривой намагничивания укажите участки, на которых намагничивание осуществляется за счёт роста доменов. В чём отличие процессов намагничивания на этих участках?
3. Как влияют на магнитные свойства материалов вихревые токи. В каких магнитных полях возникают эти токи?

Таблица 4.1

### Исходные данные для решения контрольной работы

Номер варианта	Длина линии $l$	Радиус жилы, $R$	Расстояние между жилами, $S$	Рабочее напряжение, $U$	Частота, $f$	Плотность		Относительная диэлектрическая проницаемость			Тангенс угла диэлектрических потерь			Электрическая прочность		
						Целлюлозы, $D_1$	Бумаги, $D$	Целлюлозы, $\epsilon_{21}$	Воздуха, $\epsilon_{22}$	Пропитки, $\epsilon_{23}$	Целлюлозы, $tg\delta_1$	Воздуха, $tg\delta_2$	Пропитки, $tg\delta_3$	Целлюлозы, $E_{пр1}$	Воздуха, $E_{пр2}$	Пропитки, $E_{пр3}$
	м	мм	мм	В	Гц	кг/м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>				10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	кВ/мм	кВ/мм	кВ/мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	120	1,38	7,5	220	50	1550	780	6,6	1,00059	2,1	65,0	4,0	3,0	15,0	3,2	20,0
1	50	1,78	8,3	380	50	1550	850	6,6	1,00059	2,7	65,0	4,0	10,0	15,0	3,2	60,0

2	1000	2,25	12,24	2200	50	1550	1100	6,6	1,00059	4,5	65,0	4,0	25,0	15,0	3,2	50,0
3	800	2,82	13,58	1100	50	1550	1090	6,6	1,00059	4,1	65,0	4,0	15,0	15,0	3,2	55,0
4	150	3,34	17,92	6600	50	1550	780	6,6	1,00059	2,8	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	43,0
5	1500	3,99	19,42	3300	50	1550	770	6,6	1,00059	5,2	65,0	4,0	30,0	15,0	3,2	35,0
6	3000	4,72	14,18	6600	50	1550	900	6,6	1,00059	4,8	65,0	4,0	5,0	15,0	3,2	20,0

Окончание табл. 4.1

Номер варианта	Длина линии $l$	Радиус жилы, $R$	Расстояние между жилами, $S$	Рабочее напряжение, $U$	Частота, $f$	Плотность		Относительная диэлектрическая проницаемость			Тангенс угла диэлектрических потерь			Электрическая прочность		
						Целлюлозы, $D_1$	Бумаги, $D$	Целлюлозы, $\epsilon_{21}$	Воздуха, $\epsilon_{22}$	Пропитки, $\epsilon_{23}$	Целлюлозы, $tg\delta_1$	Воздуха, $tg\delta_2$	Пропитки, $tg\delta_3$	Целлюлозы, $E_{пр1}$	Воздуха, $E_{пр2}$	Пропитки, $E_{пр3}$
	м	мм	мм	В	Гц	кг/м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>				10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	кВ/мм	кВ/мм	кВ/мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	500	5,5	15,74	380	50	1550	970	6,6	1,00059	2,4	65,0	4,0	3,0	15,0	3,2	18,0
8	250	6,18	19,5	2200	50	1550	800	6,6	1,00059	1,01	65,0	4,0	4,0	15,0	3,2	20,0
9	2000	6,91	20,76	1100	50	1550	1100	6,6	1,00059	3,8	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	45,0
10	200	7,68	24,8	3300	50	1550	1100	6,6	1,00059	2,1	65,0	4,0	3,0	15,0	3,2	20,0
11	4000	8,74	27,3	6600	50	1550	850	6,6	1,00059	2,3	65,0	4,0	1,0	15,0	3,2	18,0
12	3500	1,38	11,2	1100	50	1550	780	6,6	1,00059	5,0	65,0	4,0	20,0	15,0	3,2	42,0
13	1600	1,78	11,2	2200	50	1550	900	6,6	1,00059	4,4	65,0	4,0	5,0	15,0	3,2	45,0
14	600	7,68	20,1	220	50	1550	770	6,6	1,00059	2,8	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	24,0
15	800	8,74	22,2	660	50	1550	970	6,6	1,00059	4,8	65,0	4,0	8,0	15,0	3,2	25,0
16	300	2,25	16,14	3300	50	1550	1090	6,6	1,00059	2,7	65,0	4,0	10,0	15,0	3,2	25,0
17	1400	3,34	17,92	6600	50	1550	780	6,6	1,00059	1,019	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	50,0
18	700	6,18	17,1	660	50	1550	780	6,6	1,00059	3,8	65,0	4,0	20,0	15,0	3,2	32,0

### 4.3. Методические указания к выполнению контрольной работы

Кабельная бумага представляет собой механическую смесь целлюлозы и воздуха с неодинаковой относительной диэлектрической проницаемостью. Определение относительной диэлектрической проницаемости такого диэлектрика производится в соответствии с уравнением Лихтенеккера для последовательного расположения компонентов. В связи с тем, что при использовании этого уравнения необходимо знать объёмные концентрации компонентов, расчёт

следует начать с определения последних по заданным значениям плотности целлюлозы и кабельной бумаги в соответствии с уравнениями

$$\theta_1 = \frac{D}{D_1} ; \quad (4.1)$$

$$\theta_2 = 1 - \frac{D}{D_1} , \quad (4.2)$$

где  $\theta_1$  – объёмная концентрация целлюлозы;  $\theta_2$  – объёмная концентрация воздуха;  $D$  – плотность кабельной бумаги, кг/м<sup>3</sup>;  $D_1$  – плотность целлюлозы, кг/м<sup>3</sup>.

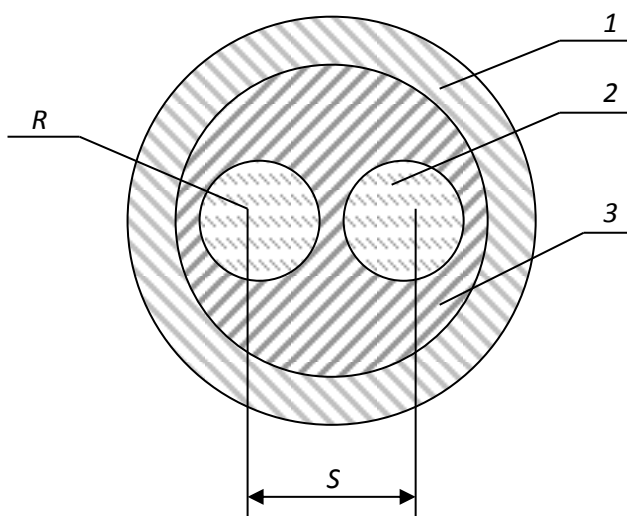


Рис. 4.1. Сечение двухжильного кабеля  
1- оплётка кабеля; 2- жила кабеля; 3- изоляция кабеля

По вычисленному значению относительной диэлектрической проницаемости непропитанной кабельной бумаги и заданным геометрическим размерам кабеля рассчитывается ёмкость кабельной линии.

Для двухжильного кабеля ёмкость между жилами может быть определена из уравнения:

$$C_k = \xi_r \cdot \xi_0 \times \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\ln K^2} , \quad (4.3)$$

где

$$K = \frac{a + x - R}{a + R - x} ;$$

$$x = \frac{S}{2} ;$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{S}{2}\right)^2 - R^2} ;$$

$S$  – расстояние между центрами жил кабеля, м;  $R$  – радиус жил кабеля, м;  $l$  – длина кабельной линии, м.

Тангенс угла диэлектрических потерь кабельной бумаги вычисляются по заданным значениям тангенсов углов диэлектрических потерь целлюлозы и воздуха по формуле

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\operatorname{tg}\delta_1}{1 + \frac{\theta_2 \cdot \xi_{r1}}{(1-\theta_2) \cdot \xi_{r2}}} + \frac{\operatorname{tg}\delta_2}{1 + \frac{(1-\theta_2) \cdot \xi_{r2}}{\theta_2 \cdot \xi_{r1}}}. \quad (4.4)$$

Удельная активная ( $\gamma_a$ ) и удельная реактивная ( $\gamma_p$ ) проводимости изоляции в переменном электрическом поле с частотой  $f$  вычисляются по формулам, приведённым в основных учебных пособиях.

Удельная полная проводимость изоляции кабеля связана с удельными активной и реактивной проводимостями соотношением

$$\gamma_{\text{из}} = \sqrt{\gamma_a^2 + \gamma_p^2} \quad (4.5)$$

Полная проводимость  $Y_{\text{из}}$  изоляции кабеля определяется по удельной проводимости  $\gamma_{\text{из}}$  и геометрическим размерам кабеля

$$Y_{\text{из}} = \gamma_{\text{из}} \cdot \frac{2\pi \cdot l}{\ln K^2} \quad (4.6)$$

Ток утечки кабеля, возникающий под воздействием приложенного напряжения, сопротивление изоляции между жилами в двухжильных кабелях рассчитываются на основании соотношений

$$I_y = U \cdot Y_{\text{из}}; \quad (4.7)$$

$$Z_{\text{из}} = \frac{1}{Y_{\text{из}}}. \quad (4.8)$$

Диэлектрические потери в изоляции кабеля  $P$  находятся по действующему значению приложенного переменного напряжения, ёмкости кабельной линии, тангенсу угла диэлектрических потерь и частоте питающей сети

$$P = U^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_k \cdot \operatorname{tg}\delta, \quad (4.9)$$

где  $U$  – рабочее напряжение кабельной линии, В;  $f$  – частота, Гц;  $C_k$  – ёмкость кабельной линии, Ф;  $\operatorname{tg}\delta$  – тангенс угла диэлектрических потерь;  $P$  – диэлектрические потери, Вт.

Для упрощения расчёта величины пробивного напряжения делаем допущение, что электрическое поле внутри кабеля однородное, то есть напряженность поля в любой его точке одинакова. Тогда электрическая прочность кабельной бумаги может быть получена по заданным значениям

электрической прочности компонентов (целлюлозы и воздуха) из следующего уравнения

$$E_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{пр1}} \cdot E_{\text{пр2}}}{E_{\text{пр1}} + E_{\text{пр2}} \cdot \left(1 - \frac{\xi_{r2}}{\xi_{r1}}\right)}. \quad (4.10)$$

Пробивное напряжение изоляции:

$$U_{\text{пр}} = E_{\text{пр}} \cdot h_{\text{из}}, \quad (4.11)$$

где  $h_{\text{из}}$  – минимальная толщина изоляции, мм.

Минимальная толщина изоляции между жилами кабеля для двухжильного кабеля определяется из уравнения

$$h_{\text{из}} = S - 2R \quad (4.12)$$

Вычислив электрические параметры линии, в кабеле которой в качестве изоляции использована непропитанная кабельная бумага, следует произвести расчёт параметров этой линии при условии, что оболочка кабеля заполнена вместо воздуха либо газообразным диэлектриком, либо жидким изоляционным материалом. При этом считаем, что в порах капиллярах воздух полностью замещается этими диэлектриками.

Последовательность расчёта остаётся той же, что для непропитанной кабельной бумаги. В уравнениях (4.2), (4.4) и (4.10) необходимо вместо электрических параметров воздуха подставлять аналогичные параметры замещающего воздух другого диэлектрика согласно условию задачи. При записи расчётного уравнения необходимо индекс 2, обозначающий, что это параметр воздуха, изменить на индекс 3.

Например, при определении  $\text{tg}\delta_n$  пропитанной жидким диэлектриком кабельной бумаги уравнение (4.4) нужно записать в следующем виде:

$$\text{tg}\delta_{\text{п}} = \frac{\text{tg}\delta_q}{1 + \frac{\theta_3 \cdot \xi_{r1}}{(1-\theta_3) \cdot \xi_{r2}}} + \frac{\text{tg}\delta_3}{1 + \frac{(1-\theta_3) \cdot \xi_{r3}}{\theta_3 \cdot \xi_{r1}}}.$$

При расчёте следует полагать, что объёмные концентрации целлюлозы и заменяющего воздух другого газообразного или жидкого диэлектрика остались такими же, как целлюлозы и воздуха, то есть

$$\theta_3 = \theta_2.$$

После окончания расчёта следует *обязательно* проанализировать, как влияет на электрические параметры кабельной линии пропитка её изоляции жидким диэлектриком. Для удобства анализа необходимо составить таблицу расчётных значений электрических параметров кабельной линии дои после пропитки. Образец такой таблицы представлен ниже.

Таблица 4.2

**Таблица сравнительных данных кабельной линии**

Обозначение параметра	$\xi_r$	$C_k, \Phi$	$X_{из}, \text{См/м}$	$Z_{из}, \text{Ом}$	$Y_{из}, \text{См}$	$P, \text{Вт}$	$U_{пр}, \text{кВ}$
Кабель без пропитки							
Кабель с пропиткой							

При анализе необходимо указывать, как влияет пропитка изоляции на значение каждого из рассчитанных параметров с использованием теоретических сведений.

В конце анализа необходимо сделать вывод о соответствии изоляции пропитанного и непропитанного кабелей требованиям, предъявляемых к кабельной линии правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

В соответствии с этими требованиями кабельные линии с рабочим напряжением до 1000 В должны обладать сопротивлением изоляции  $R_{из} > 0,5 \text{ МОм}$  при прозвонке их мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Изоляция кабельных линий с рабочим напряжением более 1 кВ должна выдерживать воздействия постоянных напряжений, значение которых приводятся в табл. 4.3.

Таблица 4.3

**Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей**

Изоляция	Напряжение, кВ, для кабелей на рабочее напряжение, кВ								Продолжительность
	2	3	6	10	20	35	110	220	
Бумажная	12	18	36	60	100	175	300	450	

Для установления соответствия изоляции кабельных линий с рабочим напряжением до 1 кВ требованиям ПУЭ необходимо рассчитать сопротивление изоляции  $R_{из}$  постоянному току. Расчёт  $R_{из}$  осуществляется по активной удельной проводимости в соответствии с уравнениями

$$g_{из} = \gamma_a \cdot \frac{2\pi \cdot l}{\ln K^2}; \quad (4.13)$$

$$R_{из} = \frac{1}{g_{из}}, \quad (4.14)$$

где  $g_{из}$  – активная проводимость кабельной линии, См;  $\gamma_a$  – удельная активная проводимость кабельной линии, См/м;  $R_{из}$  – сопротивление изоляции постоянному току, Ом.

Если рассчитанное значение сопротивления изоляции  $R_{из}$  больше 0,5 МОм, то кабельная линия удовлетворяет требованиям ПУЭ.

Для кабельных линий с рабочим напряжением свыше 1000В проверка изоляции на соответствие требованиям ПУЭ производится путём сравнения рассчитанного пробивного напряжения с  $U_{пр}$  с испытательным напряжением, приведённым в табл. 4.3.

#### 4.4. Экзаменационные вопросы

1. Понятия об электротехнических материалах. Классификация (определения).
2. Диэлектрики. Основные понятия. Определения. Классификация.
3. Понятия поляризации. Механизм поляризации.
4. Виды поляризации. Электронная поляризация.
5. Виды поляризации. Ионная поляризация.
6. Виды поляризации. Спонтанная (остаточная) поляризация.
7. Обобщенная схема замещения диэлектрика.
8. Относительная диэлектрическая проницаемость газообразных диэлектриков.
9. Относительная диэлектрическая проницаемость твердых диэлектриков
10. Относительная диэлектрическая проницаемость сложных диэлектриков. Уравнение Лихтеннекера.
11. Понятия об электропроводности диэлектриков. Электропроводность твердых диэлектриков. Объемное и поверхностное удельные сопротивления диэлектриков.
12. Диэлектрические потери. Основные понятия. Схемы замещения. Виды диэлектрических потерь.
13. Понятие пробоя диэлектриков. Электрический пробой газообразных диэлектриков.
14. Понятие электрического пробоя диэлектриков. Электротепловой пробой.
15. Механические, физические и тепловые свойства диэлектриков.
16. Электроизоляционные материалы. Газообразные, жидкие твердые и твердеющие изоляционные материалы.
17. Физика магнетизма. Условия возникновения ферромагнетизма.
18. Основные характеристики магнитных веществ.
19. Строение ферромагнетиков.
20. Явление магнитной анизотропии и магнитострикции.
21. Намагничивание ферромагнетиков.
22. Свойства ферромагнетиков в квазипостоянных магнитных полях.
23. Динамическая петля намагничивания.
24. Эффект вытеснения магнитного поля диэлектрика в переменном магнитном поле.
25. Потери мощности на перемагничивание ферромагнетиков в переменном магнитном поле.



- 26.Магнитные материалы. Магнитомягкие и магнитотвердые магнитные материалы.
- 27.Исследование ферромагнетика в переменном магнитном поле.
- 28.Полупроводники. Основные понятия. Классификация.
- 29.Электропроводность полупроводников.
- 30.Электронно-дырочный переход полупроводников.
- 31.Проводники. Классификация. Основные понятия.
- 32.Удельное сопротивление проводников. Температурный коэффициент удельного сопротивления.
- 33.ТермоЭДС. Температурный коэффициент линейного расширения металлических проводников.
- 34.Основы конструкционного и электротехнического материаловедение.
- 35.Агрегатные состояния и дефекты строения материалов.
- 36.Термическая обработка.
- 37.Металлы и сплавы.
- 38.Искусственные и синтетические материалы.
- 39.Классификация материалов.
- 40.Технологии получения материалов.

## Учебно-методические материалы

### **Основная литература**

*Богородицкий Н. П., Пасынков В. В., Тареев Б. М.* Электротехнические материалы. 7-е издание. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.

*Угольников А. В.* Электротехническое и конструкционное материаловедение. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2015. 147 с.

*Хахин Ю. М.* Электротехническое материаловедение. Екатеринбург, Изд. УГГГА, 1995. 100 с.

### **Дополнительная литература**

*Справочник по электрическим материалам / под ред. Ю. В. Корицкого* 2-е изд. М.: Энергия, том 1, 1974. 583 с.; том 2, 1974. 615 с.; том 3, 1976. 896 с.

*Агеева Н. Д., Винаковская Н. Г, Лифанов В. Н.* Электротехническое материаловедение, Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. 76 с.

*Дудкин А. Н. Ким В. С.* Электротехническое материаловедение. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. 216 с.

*Журавлева Л. В.* Электроматериаловедение, М ПрофОбрИздат, 2001. 312 с.

*Попов В. С.* Теоретическая электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1990.

*Розенблат М. А.* Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники. М.: Наука, 1966. 720с.

*Тареев Б. М.* Физика диэлектрических материалов. М.: Энергия, 1982. 320 с.

*Штофа Ян.* Электротехнические материалы в вопросах и ответах. М.: Энергоатомиздат, 1984. 200 с.

*Электротехнические и конструкционные материалы. В. Н. Бородулин, А. С. Воробьев, В. М. Матюгин и др.* М: Издательский центр «Академия», 2005. 280 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

***МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ***

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Специальность

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализации:

***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых  
полезных ископаемых***

***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

***Геология нефти и газа***

***Прикладная геохимия, минералогия и геммология***

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА .....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса .....	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам .....	5
Подготовка и написание контрольной работы .....	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) .....	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту .....	8
Подготовка к экзамену.....	8

## ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

## **ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА**

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

*для подготовки ко всем видам текущего контроля:*

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

*для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:*

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

#### **Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса**

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

*для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

### **Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам**

*Практические занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

*Лабораторные занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

*для овладения знаниями:*

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

### **Подготовка и написание контрольной работы**

*Контрольная работа* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

*Доклад с презентацией* – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.



В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

*для овладения знаниями:*

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

*для формирования навыков и умений:*

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

### **Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)**

*Курсовая работа (проект)* – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **Подготовка к зачёту**

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

*Тест* – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

### **Подготовка к экзамену**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

*Теоретический вопрос* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

*Практико-ориентированное задание* – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

## 4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

### 4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_K$  в прямоугольной декартовой системе координат  $Oxyz$  описывается **дифференциальными уравнениями**:  $m \frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}, m \frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}, m \frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}$  или, обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнениями:  $m \ddot{x} = \sum F_{kx}, m \ddot{y} = \sum F_{ky}, m \ddot{z} = \sum F_{kz}$ , где  $m$  – масса точки;  $x, y, z$  – текущие координаты точки;  $\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$  – проекции вектора ускорения точки на оси координат;  $\sum F_{kx}, \sum F_{ky}, \sum F_{kz}$  – алгебраические суммы проекций сил на оси координат.

Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

### 4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости  $xOy$ . Точка 1 массой  $m_1$ , получив в начальном положении  $A$  скорость  $V_{01}$ , движется вдоль гладкой оси  $AS$ , наклоненной под углом  $\beta$  к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила  $\vec{F}_1$ , направленная вдоль оси  $AS$ . Направление вектора проекции силы на ось  $\vec{F}_{1S}$  показано на схеме.

Одновременно с точкой 1 начинает движение точка 2 массой  $m_2$  из положения  $B$  на оси  $y$ . На точку 2 действуют сила тяжести и постоянная сила  $\vec{F}_2$ . Направление вектора силы  $\vec{F}_2$  определяется его разложением по единичным векторам  $\vec{i}, \vec{j}$  координатных осей  $x, y$ .

Определить величину и направление (угол  $\alpha$ ) начальной скорости  $V_{02}$  точки 2, чтобы в момент времени  $t_1$  точки 1 и 2 встретились на оси  $AS$  в точке  $C$ . Момент времени  $t_1$  задаётся в условиях задачи или определяется по дополнительным условиям встречи.

Варианты заданий представлены на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

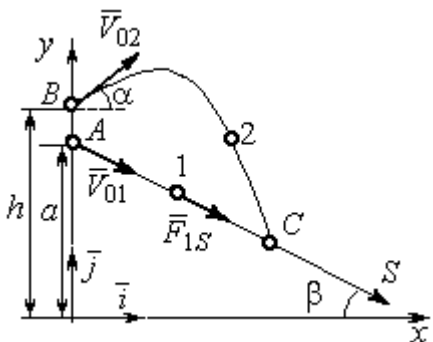
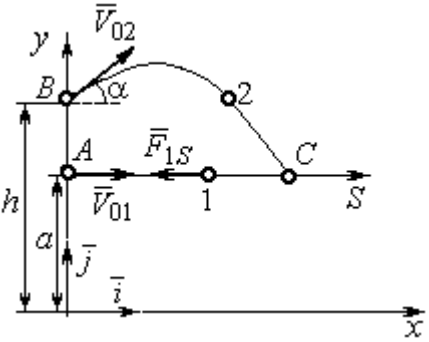
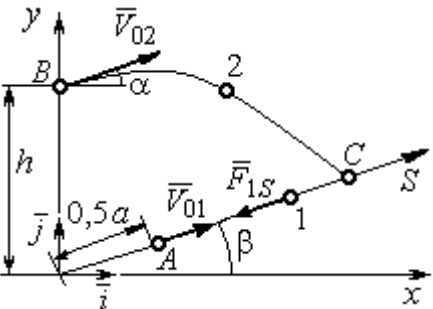
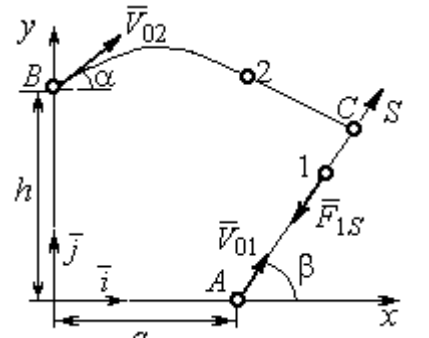
Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
 <p data-bbox="172 1070 766 1176">Встреча в точке <math>C</math> в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной</p>	 <p data-bbox="813 1059 1444 1131">Встреча в точке <math>C</math> в момент, когда точка 1 максимально удалилась от места старта</p>
 <p data-bbox="172 1653 766 1758">Встреча в точке <math>C</math> в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной</p>	 <p data-bbox="853 1702 1404 1780">Встреча в точке <math>C</math> в момент времени <math>t_1 = 0,5</math> с</p>

Рис. 4.1. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.  
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

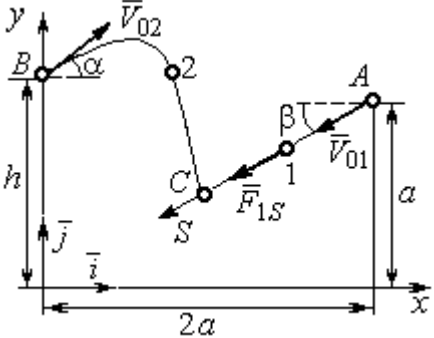
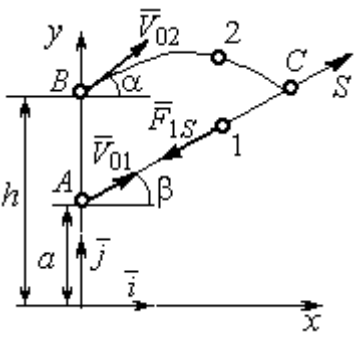
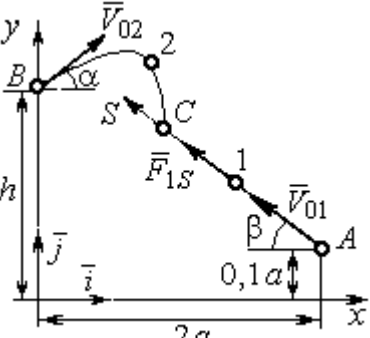
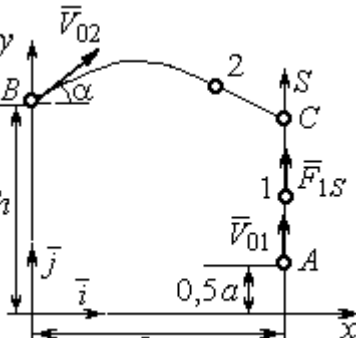
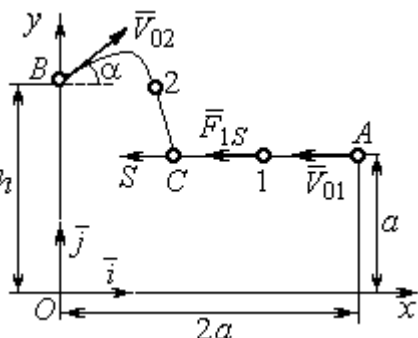
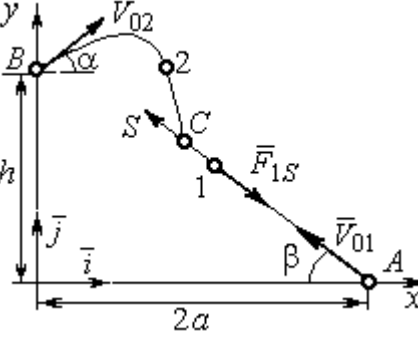
<p><b>Варианты № 5, 15, 25</b></p>  <p>Встреча в точке <math>C</math> в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной</p>	<p><b>Варианты № 6, 16, 26</b></p>  <p>Встреча в точке <math>C</math>, когда точка 1 максимально удалилась от места старта</p>
<p><b>Варианты № 7, 17, 27</b></p>  <p>Встреча в точке <math>C</math> в момент времени <math>t_1 = 0,4</math> с</p>	<p><b>Варианты № 8, 18, 28</b></p>  <p>Встреча в точке <math>C</math> в момент максимального подъёма точки 1</p>
<p><b>Варианты № 9, 19, 29</b></p>  <p>Встреча в точке <math>C</math> в момент времени <math>t_1 = 0,6</math> с</p>	<p><b>Варианты № 10, 20, 30</b></p>  <p>Встреча в точке <math>C</math> в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма</p>

Рис. 4.2. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.  
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 4.1

## Исходные данные задания Д1. Интегрирование уравнений движения точки

Номер варианта задания	$m_1$ , кг	$F_{1S}$ , Н	$V_{01}$ , м/с	$\beta$ , град	$m_2$ , кг	$\vec{F}_2$ , Н	$a$ , м	$h$ , м
1	1	3	3	30	2	$7\vec{i}$	2	4
2	3	6	2	0	2	$4\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	1
3	2	5	4	35	1,5	$10\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
4	1	10	2	60	2	$4\vec{i}+8\vec{j}$	2,2	2
5	1	3	3	30	2	$5\vec{i}$	3	4,5
6	0,8	6	6	50	3	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	4
7	2	5	4,5	40	1	$10\vec{i}+2\vec{j}$	3	2,5
8	1	2	3,5	90	2	$6\vec{i}+8\vec{j}$	1,2	2
9	2	4	4	0	1	$3\vec{i}+2\vec{j}$	2	2,5
10	1	3	3	55	1,5	$4\vec{i}$	1	1,5
11	0,5	2	3	60	2	$3\vec{i}+8\vec{j}$	1,5	2,5
12	0,2	3	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1	2,5
13	1	2	6	50	1,5	$6\vec{i}-4\vec{j}$	0,8	2
14	0,5	6	4	35	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	2,5	2
15	0,2	3	3	50	2	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3	4
16	2	4	6	40	2	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1	1,5
17	1	6	5	60	1,5	$5\vec{i}+4\vec{j}$	3	2,5
18	1	2	2	90	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2
19	1	3	2	2	2	$2\vec{i}+10\vec{j}$	1	1,5
20	5	4	2	30	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	1,5
21	0,2	4	4	45	1	$6\vec{i}-2\vec{j}$	1	3
22	0,4	3	2	0	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1,5	2,5
23	1	3	8	60	2	$4\vec{i}+2\vec{j}$	1,2	1,5
24	0,5	8	3	30	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
25	2	4	4	60	1	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3,5	4
26	1	3	5	50	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	0,5	1,5
27	1,5	3	6	30	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
28	2	5	3	90	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
29	2	4	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	2
30	1	3	2,5	70	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1	1

## Пример выполнения задания Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

На рис. 4.3 представлена схема движения материальных точек в вертикальной плоскости  $xOy$ . Точка 1 массой  $m_1 = 2$  кг, получив в начальном положении  $A$  скорость  $V_{01} = 4$  м/с, движется вдоль гладкой оси  $AS$  с углом наклона  $\beta = 30^\circ$ . Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести  $\vec{P}_1$  и постоянная сила  $\vec{F}_1$ , проекция которой на ось  $AS$  равна  $F_{1S} = 4,5$  Н. Направление вектора проекции силы  $\vec{F}_{1S}$  на ось  $AS$  показано на рис. 4.3.

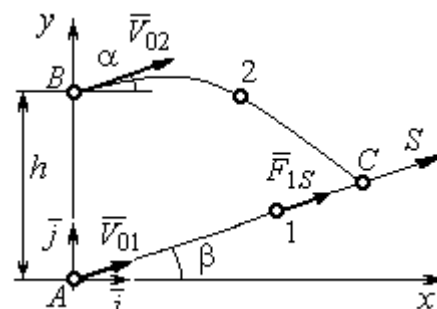


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

Одновременно с началом движения точки 1 из положения  $B$  на оси  $y$  высотой  $h = 1$  м начинает движение точка 2 массой  $m_2 = 1,2$  кг. На точку 2 действуют сила тяжести  $\vec{P}_2$  и сила  $\vec{F}_2$ , направление которой определяется разложением по единичным векторам  $\vec{i}$ ,  $\vec{j}$  осей  $x$ ,  $y$  декартовой системы координат:  $\vec{F}_2 = 2,4\vec{i} + 4,5\vec{j}$ , Н. Определить величину и направление (угол  $\alpha$ ) начальной скорости  $V_{02}$  точки 2, чтобы в момент времени  $t_1$ , когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальным значением, обе они встретились на оси  $AS$  в точке  $C$ .

### Решение

Рассмотрим движение точки 1. В текущий момент времени на точку 1 действует сила тяжести  $\vec{P}_1$ , нормальная реакция  $\vec{N}_1$  наклонной оси  $AS$  и сила  $\vec{F}_1$ , величина проекции которой на ось  $AS$  равна  $F_{1S}$  (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1  $m_1\ddot{S} = F_{1S} - P_1\sin\beta$ , или  $m_1\frac{dV_{1S}}{dt} = 4,5 - m_1g\sin\beta$ . С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>, дифференциальное уравнение движения точки 1



приводится к виду:  $\frac{dV_{1S}}{dt} = -2,66$ . Разделим переменные, представив дифференциальное уравнение в виде  $dV_{1S} = -2,66dt$ . Проинтегрировав его, получим

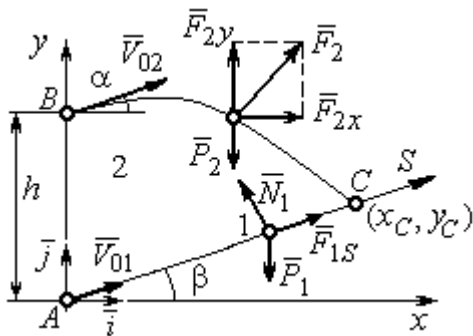


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

зависимость скорости точки 1 от времени:  $V_{1S} = -2,66t + C_1$ . Для того чтобы определить закон движения точки 1, представим скорость точки как производную от координаты  $V_{1S} = \frac{dS}{dt}$ . Получим дифференциальное уравнение  $\frac{dS}{dt} = -2,66t + C_1$ , проин-

тегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1:

$S = -1,33t^2 + C_1t + C_2$ . Константы интегрирования  $C_1, C_2$  находятся из начальных условий: при  $t = 0, S = 0, \dot{S} = V_{1S} = V_{01} = 4$  м/с. Подставляя первое из условий в уравнение движения точки 1, получим  $C_2 = 0$ . Подставим начальное значение скорости в уравнение  $\dot{S} = -2,66t + C_1$ , выражающее зависимость скорости точки 1 от времени. Получим  $C_1 = 4$ . Таким образом, движение точки 1 вдоль оси  $AS$  описывается уравнением:  $S = -1,33t^2 + 4t$ .

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени  $t_1$ , когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной:

$V_{1S}(t_1) = \frac{V_{01}}{2} = 2$  м/с. Подставляя это условие в уравнение, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени, получим:  $2 = -2,66t_1 + 4$ , откуда найдём момент времени встречи  $t_1 = 0,75$  с. Расстояние  $AC$ , пройденное точкой 1 до встречи, определяется как путь, пройденный этой точкой за время  $t_1 = 0,75$  с,  $AC = S(t_1) = -1,33 \cdot 0,75^2 + 4 \cdot 0,75 = 2,25$  м. Координаты точки встречи  $x_C, y_C$  определяются из равенств:  $x_C = S(t_1)\cos 30^\circ = 1,95$  м;  $y_C = S(t_1)\sin 30^\circ = 1,12$  м.

Рассмотрим движение точки 2. В текущий момент времени на нее действует сила тяжести  $\vec{P}_2$  и сила  $\vec{F}_2 = 2,4\vec{i} + 4,5\vec{j}$ , проекции которой на оси координат  $F_{2x} = 2,4$  Н,  $F_{2y} = 4,5$  Н. Дифференциальные уравнения движения точки 2 в проекциях на оси координат  $x, y$  имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2,4, \quad m_2\ddot{y} = -P_2 + F_{2y} = -m_2g + 4,5,$$

или после подстановки исходных данных:  $\ddot{x} = 2, \quad \ddot{y} = -6,06$ .

Представим в первом уравнении проекцию ускорения точки 2 на ось  $x$  как производную от соответствующей проекции скорости  $\ddot{x} = \frac{dV_{2x}}{dt}$ . После разделения переменных получим дифференциальное уравнение  $dV_{2x} = 2dt$ . Проинтегрируем его и найдем зависимость горизонтальной составляющей скорости точки 2 от времени:  $V_{2x} = 2t + C_3$ . Заменяем в этом уравнении проекцию скорости точки на ось  $x$  на производную от координаты  $V_{2x} = \frac{dx}{dt}$ . После интегрирования получим уравнение, описывающее движение точки 2 вдоль оси  $x$ ,  $x = t^2 + C_3t + C_4$ . Для того чтобы найти постоянные  $C_3$  и  $C_4$ , воспользуемся граничными условиями движения точки 2 – известной начальной координатой движения точки и вычисленной координатой точки встречи, то есть при  $t = 0$ ,  $x = 0$ , а при  $t_1 = 0,75$  с  $x(t_1) = x_C = 1,95$  м. Подставляя граничные условия в уравнение движения точки 2, получим  $C_4 = 0$ ,  $C_3 = 1,85$ . Таким образом, уравнение движения точки 2 вдоль оси  $x$ :  $x = t^2 + 1,85t$ .

Закон движения точки 2 вдоль оси  $y$  находим путем интегрирования второго дифференциального уравнения. Его представим в виде:  $\frac{dV_{2y}}{dt} = -6,06$ . После разделения переменных и первого интегрирования получим зависимость проекции скорости точки 2 на ось  $y$  от времени:  $V_{2y} = -6,06t + C_5$ . Заменяя проекцию скорости точки 2 на ось  $y$  производной от координаты  $V_{2y} = \frac{dy}{dt}$ , вто-

рично проинтегрируем. В результате движение точки 2 вдоль оси  $y$  описывается уравнением:  $y = -3,03t^2 + C_5t + C_6$ . Для определения констант  $C_5$  и  $C_6$  используем граничные условия: при  $t = 0$   $y(0) = h = 1$  м, а при  $t_1 = 0,75$  с  $y(t_1) = y_C = 1,12$  м. Получим  $C_6 = 1$ ,  $C_5 = 2,43$ . Таким образом, точка 2 движется вдоль оси  $y$  по закону:  $y = -3,03t^2 + 2,43t + 1$ .

Проекции скорости точки 2 на оси координат как функции времени имеют вид:  $V_{2x}(t) = \dot{x} = 2t + 1,85$ ,  $V_{2y}(t) = \dot{y} = -6,06t + 2,43$ . Значения проекций при  $t = 0$ :  $V_{02x} = V_{2x}(0) = 1,85$  м/с,  $V_{02y} = V_{2y}(0) = 2,43$  м/с. Величина начальной скорости:  $V_{02} = \sqrt{V_{02x}^2 + V_{02y}^2} = 3,05$  м/с.

Угол наклона вектора скорости в начальный момент определяется из равенства:  $\operatorname{tg}\alpha = \frac{V_{02y}}{V_{02x}} = \frac{2,43}{1,85} = 1,31$ . Откуда  $\alpha = 52,64^\circ$ .

### 4.3. Колебания материальной точки

Силы, возникающие при отклонении материальной точки от положения равновесия и направленные так, чтобы вернуть точку в это положение, называются **восстанавливающими**. Восстанавливающие силы, линейно зависящие от расстояния от точки до положения её равновесия, называются **линейными восстанавливающими силами**. Так, сила упругости пружины  $F = c\Delta\ell$ , где  $c$  – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины;  $\Delta\ell$  – удлинение пружины, является линейной восстанавливающей силой.

Дифференциальное уравнение движения материальной точки массой  $m$  вдоль оси  $Ox$  под действием линейной восстанавливающей силы, представляет собой уравнение гармонических колебаний и имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2x = 0,$$

где  $x$  – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало

координат;  $\omega$  – угловая частота колебаний,  $\omega^2 = \frac{c}{m}$ . Единица измерения угловой частоты – рад/с.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется суммой  $x = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t$ , где постоянные интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  находятся из начальных условий. **Амплитуда свободных колебаний**

$A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ . Промежуток времени, в течение которого точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебаний**:  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ . Величина, об-

ратная периоду  $\nu = \frac{1}{T}$  определяет число полных колебаний точки за 1 с и называется **частотой колебаний**. Частота колебаний измеряется в герцах (Гц). Частота, равная 1 Гц, соответствует одному полному колебанию в секунду. Угловая частота связана с частотой колебаний соотношением  $\omega = 2\pi\nu$ .

Если на материальную точку кроме восстанавливающей силы действует сила сопротивления движению, пропорциональная скорости точки,  $\vec{R} = -\mu\vec{V}$ , где  $\mu$  – коэффициент сопротивления, то дифференциальное уравнение движения точки с сопротивлением относительно положения равновесия имеет вид

$$m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = 0, \text{ где } n - \text{коэффициент затухания, } n = \frac{\mu}{2m};$$

$\omega$  – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления,  $\omega^2 = \frac{c}{m}$ .

При  $n < \omega$  движение точки представляет затухающие колебания. Общее решение дифференциального уравнения колебаний с сопротивлением  $x = e^{-nt}(C_1 \cos \omega_1 t + C_2 \sin \omega_1 t) = Ae^{-nt} \sin(\omega_1 t + \alpha)$ , где  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные интегрирования;  $\omega_1$  – угловая частота затухающих колебаний,  $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$ ;

$A_1 = Ae^{-nt}$  – амплитуда затухающих колебаний,  $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ ;  $\alpha$  – начальная фаза колебаний,  $\operatorname{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$ .

При  $n > \omega$  движение точки аperiodическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид  $x = e^{-nt}(C_1e^{\omega_2 t} + C_2e^{-\omega_2 t})$ , где  $\omega_2 = \sqrt{n^2 - \omega^2}$ .

При  $n = \omega$  движение точки происходит согласно уравнению  $x = e^{-nt}(C_1t + C_2)$ .

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными**.

При действии гармонической возмущающей силы  $F = H\sin pt$ , где  $H$ ,  $p$  – амплитуда и угловая частота колебаний возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия и при отсутствии сил сопротивления имеет вид

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где  $\omega$  – угловая частота собственных гармонических колебаний,  $\omega^2 = \frac{c}{m}$ ;  $h$  –

относительная амплитуда возмущающей силы,  $h = \frac{H}{m}$ .

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний представляется как сумма общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного.

При отсутствии резонанса, когда частота собственных колебаний не совпадает с частотой возмущающей силы  $p \neq \omega$ , решение имеет вид:

$$x = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2} \sin pt, \text{ а в случае резонанса, когда } p = \omega, \text{ – вид:}$$

$$x = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t - \frac{ht}{2p} \cos pt. \text{ Значения произвольных постоянных } C_1 \text{ и } C_2$$

определяются из общего решения неоднородного уравнения с учетом начальных условий движения. Амплитуда собственных колебаний груза  $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ . Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса  $A_{\text{вын}} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$ . При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени  $A_{\text{вын}} = \frac{ht}{2p}$ .

Если возмущающее воздействие заключается в **принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины**, например, по закону  $S = a \sin pt$ , где  $a$ ,  $p$  – амплитуда и угловая частота колебаний точки подвеса пружины, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия при отсутствии сил сопротивления имеет вид  $\ddot{x} + \omega^2 x = h \sin pt$ , где  $\omega$  – угловая частота собственных гармонических колебаний,  $\omega^2 = \frac{c}{m}$ ;  $h$  – относительная амплитуда возмущающего ко-

лебания,  $h = \frac{ca}{m}$ . Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины может быть получено аналогично случаю возмущения гармонической силой.

Система пружин заменяется одной с эквивалентной жесткостью. Так, колебания груза на двух параллельных пружинах с коэффициентами жесткости  $c_1$  и  $c_2$  (рис. 4.5, *a*) можно рассматривать как колебания груза на одной пружине эквивалент-

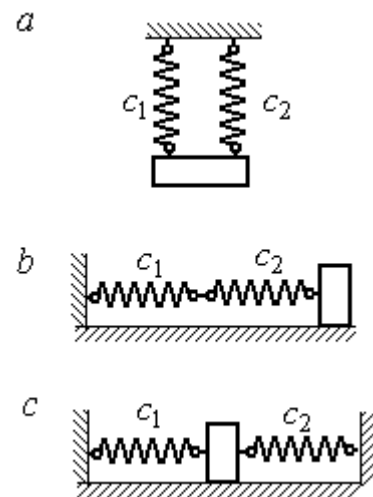


Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:  
*a* – две параллельные пружины;  
*b* – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

ной жесткости  $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$ , где  $c_{\text{экв}}$  – коэффициент жесткости эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин (рис. 4.5, *b*) коэффициент жесткости эквивалентной пружины  $c_{\text{экв}} = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$ . Если груз расположен между двумя пружинами (рис. 4.5, *c*), тогда  $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$ . Коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен сумме коэффициентов жесткости пружин.

#### 4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки

Задание Д2 на исследование колебаний точки включает две задачи.

**Задача 1.** Исследование гармонических колебаний точки.

Найти уравнение движения груза массой  $m_1$  (или одновременно двух грузов массой  $m_1$  и  $m_2$ ) на пружине жесткостью  $c_1$  (или на двух пружинах жесткостью  $c_1$  и  $c_2$ ). Расположение грузов на пружине и описание условий, при которых начались колебания, приведено на схемах. Определить амплитуду и частоту колебаний.

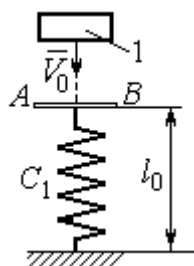
**Задача 2.** Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жёсткость пружин  $c_1$  и  $c_2$ . Направление возмущающего усилия  $F = F(t)$ , приложенного к грузу, или возмущающего движения точки крепления пружин  $S = S(t)$ , а также описание условий начала колебаний приведено на схемах. В задачах, где на схемах присутствует амортизатор, создающий сопротивление движению груза, сила сопротивления пропорциональна скорости движения груза и находится по формуле:  $\vec{R} = -\mu \vec{V}$  Н, где  $\mu$  – коэффициент сопротивления;  $V$  – скорость груза. Определить уравнение колебаний груза, амплитуды собственных и вынужденных колебаний.

Варианты заданий даны на рис. 4.6 – 4.9. Исходные данные в табл. 4.2.

Варианты № 1, 11, 21

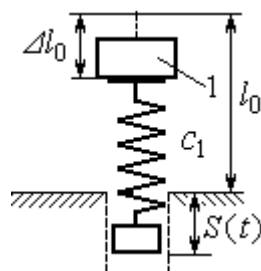
Задача 1



Невесомая пластина  $AB$  укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость  $V_0$ , падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

пластины и продолжает движение вместе с ней

Задача 2

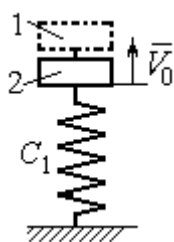


К верхнему концу пружины, сжатой на величину  $\Delta l_0$ , прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону  $S = S(t)$

начинает двигаться по закону  $S = S(t)$

Варианты № 2, 12, 22

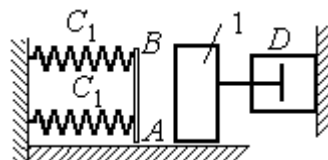
Задача 1



В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость  $V_0$ , направленную вверх

направленную вверх

Задача 2

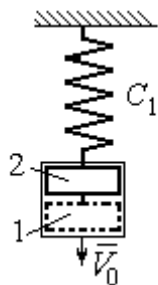


Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью  $V_0$ . Через 1 с груз упирается в площадку  $AB$ , укрепленную на недеформированных пружинах, соединённых параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку  $AB$  и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером  $D$

Через 1 с груз упирается в площадку  $AB$ , укрепленную на недеформированных пружинах, соединённых параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку  $AB$  и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером  $D$

Варианты № 3, 13, 23

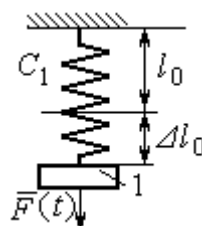
Задача 1



В положении статического равновесия груза 2, укрепленного на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью  $V_0$

толкнули вниз со скоростью  $V_0$

Задача 2

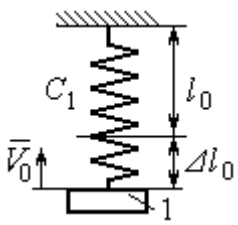
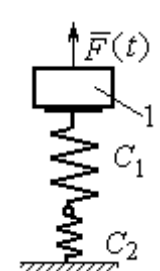


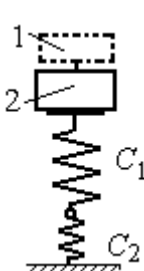
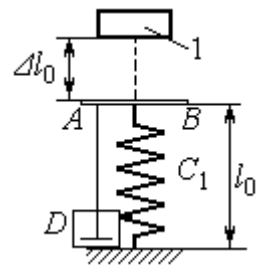
Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние  $\Delta l_0$ , подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила  $\vec{F}(t)$

возмущающая сила  $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки. Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23



Варианты № 4, 14, 24	
<p>Задача 1</p> 	<p>Задача 2</p>  <p>Грузу 1, укрепленному на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость <math>V_0</math>, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила <math>\vec{F}(t)</math></p>

Варианты № 5, 15, 25	
<p>Задача 1</p>  <p>В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укрепленных на двух вертикальных последовательно соединённых пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости</p>	<p>Задача 2</p>  <p>Груз 1 падает с высоты <math>\Delta l_0</math> на площадку <math>AB</math>, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер <math>D</math> создаёт сопротивление движению груза на пружине</p>

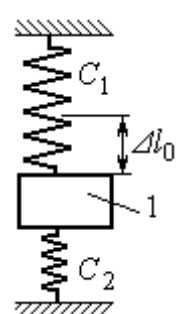
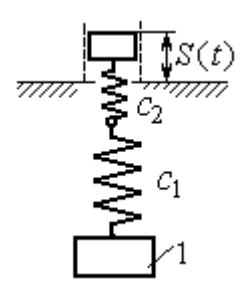
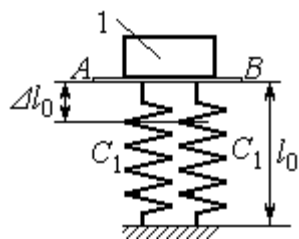
Варианты № 6, 16, 26	
<p>Задача 1</p>  <p>Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние <math>\Delta l_0</math> и отпустили без начальной скорости</p>	<p>Задача 2</p>  <p>К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подцепили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью <math>V_0</math>. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону <math>S = S(t)</math></p>

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.  
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

Варианты № 7, 17, 27

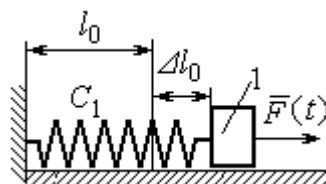
Задача 1



К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину  $\Delta l_0$  и сообщили скорость  $V_0$ , направленную вниз

К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину  $\Delta l_0$  и сообщили скорость  $V_0$ , направленную вниз

Задача 2

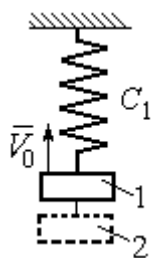


К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние  $\Delta l_0$  и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила  $\vec{F}(t)$

К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние  $\Delta l_0$  и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила  $\vec{F}(t)$

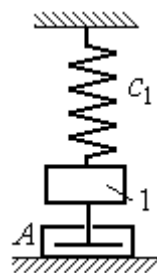
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Грузы 1 и 2 находятся на пружине в положении статического равновесия. Груз 2 удаляют, а грузу 1 сообщают скорость  $V_0$ , направленную вверх

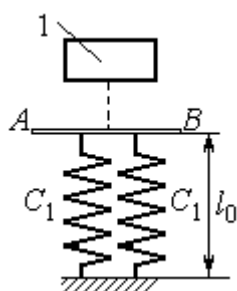
Задача 2



В положении статического равновесия груза 1 ему сообщили скорость  $V_0$ , направленную вниз. Демпфер  $A$  создаёт сопротивление движению груза

Варианты № 9, 19, 29

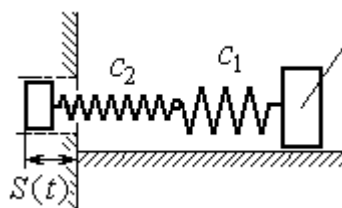
Задача 1



Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины  $AB$ , укрепленной на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины  $AB$ , укрепленной на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость  $V_0$ , направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону  $S = S(t)$

К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость  $V_0$ , направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону  $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки. Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

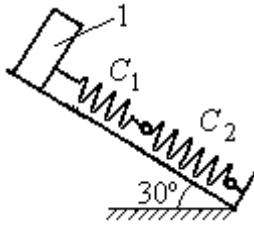
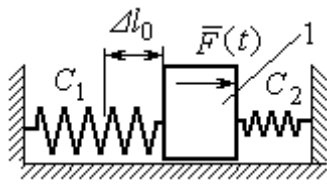
Варианты № 10, 20, 30	
<p>Задача 1</p>  <p>В положении статического равновесия груза 1, укрепленного на двух последовательно соединенных пружинах, сообщили скорость <math>V_0</math>, направленную вниз по наклонной плоскости</p>	<p>Задача 2</p>  <p>Между двумя горизонтальными недеформированными пружинами на гладкую поверхность поместили груз 1, оттянули его влево на расстояние <math>\Delta l_0</math> и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила <math>\vec{F}(t)</math></p>

Рис. 4.9. Задание Д2. Исследование колебаний точки.  
Варианты задания 10, 20, 30

Таблица 4.2

**Исходные данные задания Д2. Исследование колебаний точки**

Номер варианта задания	Номер задачи	$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$V_0$ , м/с	$c_1$ , Н/м	$c_2$ , Н/м	$\Delta l_0$ , м	$\mu$ , Н·с/м	$F(t)$ , Н	$S(t)$ , м
1	1	2,5	—	2,0	200	—	—	—	—	—
	2	2,0	—	—	210	—	0,1	—	—	$0,02\sin 12t$
2	1	1,5	2,0	4	250	—	—	—	—	—
	2	2,0	—	4	220	—	—	1,0	—	—
3	1	2,0	1,5	3	250	—	—	—	—	—
	2	1,2	—	—	200	—	0,14	—	$12\sin 5t$	—
4	1	2,0	—	3	180	—	0,1	—	—	—
	2	1,5	—	2	150	120	—	—	$8\sin 12t$	—
5	1	1,0	2,0	—	120	100	—	—	—	—
	2	1,0	—	—	50	—	0,5	18	—	—
6	1	1,2	—	—	120	180	0,12	—	—	—
	2	1,4	—	2,4	120	180	—	—	—	$0,03\sin 14t$
7	1	1,6	—	3,2	140	—	0,15	—	—	—
	2	1,5	—	—	120	—	0,12	—	$12\sin 6t$	—
8	1	1,0	2,0	3,0	150	—	—	—	—	—
	2	2,0	—	3,5	120	—	—	15	—	—

Продолжение табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	$m_1$ , КГ	$m_2$ , КГ	$V_0$ , М/С	$c_1$ , Н/М	$c_2$ , Н/М	$\Delta\ell_0$ , М	$\mu$ , Н·С/М	$F(t)$ , Н	$S(t)$ , М
9	1	1,5	—	—	100	—	—	—	—	—
	2	1,4	—	2,0	100	110	—	—	—	$0,015\sin 8t$
10	1	2,5	—	2,5	110	100	—	—	—	—
	2	2,0	—	—	110	52	0,08	—	$5\sin 9t$	—
11	1	2,0	—	4,0	300	—	—	—	—	—
	2	1,0	—	—	200	—	0,12	—	—	$0,01\sin 4t$
12	1	1,8	2,4	4	220	—	—	—	—	—
	2	1,0	—	5	240	—	—	0,6	—	—
13	1	1,5	1,5	2	200	—	—	—	—	—
	2	1,8	—	—	180	—	0,08	—	$10\sin 10t$	—
14	1	2,0	—	2	200	—	0,12	—	—	—
	2	2,0	—	2	150	120	—	—	$10\sin 8t$	—
15	1	1,5	2,0	—	120	250	—	—	—	—
	2	1,5	—	—	120	—	0,4	4	—	—
16	1	2,0	—	—	150	75	0,1	—	—	—
	2	2,0	—	2,5	150	75	—	—	—	$0,01\sin 5t$
17	1	1,5	—	2,1	160	—	0,11	—	—	—
	2	1,8	—	—	150	—	0,1	—	$8\sin 12t$	—
18	1	2,0	1,0	2,5	80	—	—	—	—	—
	2	1,5	—	2,5	50	—	—	21	—	—
19	1	1,6	—	—	120	—	—	—	—	—
	2	1,2	—	2,0	85	120	—	—	—	$0,015\sin 7t$
20	1	2,0	—	2,0	90	100	—	—	—	—
	2	2,5	—	—	100	90	0,12	—	$6\sin 10t$	—
21	1	2,0	—	1,6	220	—	—	—	—	—
	2	2,5	—	—	250	—	0,14	—	—	$0,01\sin 10t$
22	1	2,2	1,5	3	180	—	—	—	—	—
	2	1,5	—	4	280	—	—	0,8	—	—
23	1	2,2	1,2	2	220	—	—	—	—	—
	2	1,6	—	—	200	—	0,12	—	$5\sin 7t$	—

Номер варианта задания	Номер задачи	$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$V_0$ , м/с	$c_1$ , Н/м	$c_2$ , Н/м	$\Delta\ell_0$ , м	$\mu$ , Н·с/м	$F(t)$ , Н	$S(t)$ , м
24	1	1,6	–	2,4	160	–	0,13	–	–	–
	2	1,0	–	3	150	300	–	–	$6\sin 10t$	–
25	1	0,8	1,2	–	120	80	–	–	–	–
	2	0,8	–	–	180	–	0,4	12	–	–
26	1	1,4	–	–	100	120	0,15	–	–	–
	2	1,8	–	2,2	150	120	–	–	–	$0,015\sin 8t$
27	1	2	–	4,0	150	–	0,12	–	–	–
	2	2	–	–	162	–	0,13	–	$5\sin 9t$	–
28	1	1,5	2,0	2,0	140	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	3,1	180	–	–	12	–	–
29	1	1,0	–	–	140	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	2,4	75	150	–	–	–	$0,08\sin 5t$
30	1	1,6	–	3	75	150	–	–	–	–
	2	1,5	–	3	80	70	0,15	–	$8\sin 10t$	–

### Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

**Задача 1.** Груз 1 весом  $P = 20$  Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости,

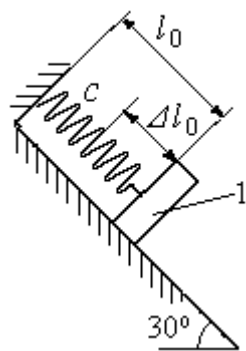


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

прикреплён к недеформированной пружине, расположенной параллельно плоскости (рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту  $30^\circ$ , коэффициент жесткости пружины  $c = 400$  Н/м. В начальный момент груз переместили вверх по наклонной плоскости (сжали пружину) на расстояние  $\Delta\ell_0 = 0,1$  м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду колебаний.

### Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.11. Направим ось  $Ox$ , вдоль которой происходят колебания груза, вниз вдоль наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты  $x$  выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.11). В произвольном положении груза, обозначенном координатой  $x$ , к нему приложены три силы: сила тяжести  $\vec{P}$ , реакция опоры наклонной плоскости  $\vec{N}$  и сила упругости пружины  $\vec{F}_{\text{упр}}$ . Проекция силы упругости пружины на ось  $Ox$ :  $F_{\text{упр},x} = -c\Delta\ell$ , где  $\Delta\ell$  – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее её растяжение  $x$  относительно выбранного начала координат и растяжение  $\lambda_{\text{ст}}$  при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

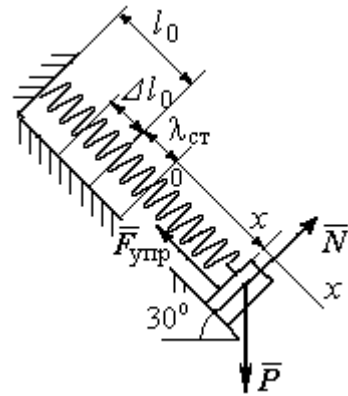


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось  $Ox$ :

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{\text{ст}}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось  $x$ :  $P\sin 30^\circ - c\lambda_{\text{ст}} = 0$ . Подставляя это выражение условия статического равновесия груза в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение колебаний груза:

$$m\ddot{x} = -cx, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где  $\omega$  – угловая частота колебаний;  $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}} = 14,01 \text{ рад/с}$ .

Общее решение уравнения колебаний  $x = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t$ .

Для определения произвольных постоянных  $C_1$  и  $C_2$  вычислим координату  $x_0$  начального положения груза на оси  $Ox$ .

Растяжение пружины в положении статического равновесия

$$\lambda_{\text{ст}} = \frac{P \sin 30^\circ}{c} = 0,025 \text{ м.}$$

Координата начального положения груза определяется величиной сжатия пружины и, поскольку начало отсчёта координаты  $x$  выбрано в положении статического равновесия груза, равна (со знаком!):  $x_0 = -(\Delta \ell_0 + \lambda_{\text{ст}}) = -0,125 \text{ м}$  (см. рис. 4.11).

Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при  $t = 0$ , получим  $C_1 = -0,125 \text{ м}$ . Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени:  $\dot{x} = -C_1 \omega \sin \omega t + C_2 \omega \cos \omega t$ . Подставим сюда начальное значение скорости груза при  $t = 0$   $\dot{x} = V_0 = 0$ , получим  $C_2 = 0$ . Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического растяжения пружины:

$$x(t) = -0,125 \cos 14,01t \text{ м.}$$

Амплитуда колебаний груза  $A = 0,125 \text{ м}$ .

**Задача 2.** Груз 1 весом  $P = 20 \text{ Н}$  подвешен на недеформированной вертикальной пружине (рис. 4.12). Жесткость пружины  $c = 800 \text{ Н/м}$ . В начальный

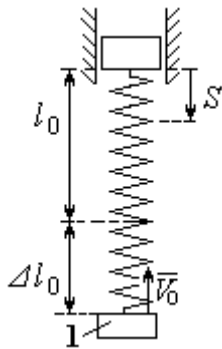


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

момент груз был оттянут вниз в положение, при котором пружина растянулась на расстояние  $\Delta \ell_0 = 0,1 \text{ м}$ , и в этом положении ему сообщена начальная скорость  $V_0 = 2 \text{ м/с}$ , направленная вверх.

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону

$$S = a \sin 10t, \text{ где } a = 0,02 \text{ м.}$$

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду собственных колебаний.

### Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.13. Направим ось  $Ox$ , вдоль которой происходят колебания груза, вертикально вниз. Начало отсчёта координаты  $x$  выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.13,  $c, d$ ). В произвольном положении груза, обозначенном координатой  $x$ ,

к нему приложены две силы: сила тяжести  $\vec{P}$  и сила упругости пружины  $\vec{F}_{\text{упр}}$ .

Проекция силы упругости пружины на ось  $Ox$

$$F_{\text{упр}x} = -c\Delta\ell = -c(x + \lambda_{\text{ст}} - S),$$

где  $\Delta\ell$  – удлинение пружины, включающее её растяжение  $x$  относительно начала координат, растяжение  $\lambda_{\text{ст}}$  при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца,  $\Delta\ell = (x + \lambda_{\text{ст}} - S)$ .

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось  $Ox$ :

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{\text{ст}} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил:  $P - c\lambda_{\text{ст}} = 0$ .

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h \sin pt,$$

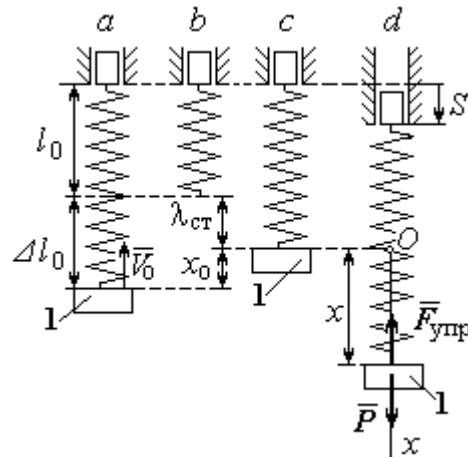


Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза:  $a$  – положение груза на начало колебаний;  $b$  – недеформированная пружина;  $c$  – статическое растяжение пружины под действием веса груза;  $d$  – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины



где  $\omega$  – угловая частота собственных колебаний,  $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ ,  $\omega = 19,81$  рад/с;

$h$  – относительная амплитуда вынужденных колебаний,  $h = \frac{ca}{m} = 7,85$  м/с<sup>2</sup>;

$p$  – угловая частота вынужденных колебаний,  $p = 10$  рад/с.

При отсутствии резонанса (здесь  $\omega \neq p$ ) общее решение уравнения вынужденных колебаний имеет вид  $x = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2} \sin pt$ .

Для определения произвольных постоянных  $C_1$  и  $C_2$  вычислим координату  $x_0$  начального положения груза на оси  $Ox$ . Координата начального положения груза (см. рис. 4.13, б)  $x_0 = \Delta \ell_0 - \lambda_{\text{ст}}$ . Растяжение пружины в положении статического равновесия  $\lambda_{\text{ст}} = \frac{P}{c} = 0,02$  м, тогда  $x_0 = 0,08$  м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при  $t = 0$ , получим:  $C_1 = x_0 = 0,08$  м.

Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени:  $\dot{x} = -C_1 \omega \sin \omega t + C_2 \omega \cos \omega t + \frac{hp}{\omega^2 - p^2} \cos pt$ . Проекция скорости груза в начальный момент на ось  $Ox$   $V_{0x} = -V_0$ . Подставив начальное значение скорости груза при  $t = 0$   $\dot{x} = V_{0x} = -V_0$ , получим:

$C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp}{\omega(\omega^2 - p^2)} = -0,11$  м. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического равновесия, м.

$$x(t) = 0,08 \cos 19,82t - 0,11 \sin 19,82t - 0,03 \sin 10t.$$

Амплитуда вынужденных колебаний  $A_{\text{вын}} = \frac{h}{\omega^2 - p^2} = 0,03$  м. Амплитуда

собственных колебаний груза  $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0,14$  м.

## 4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки

**Работой**  $A(\vec{F})$  силы  $\vec{F}$ , постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении  $S_1$  точки приложения силы называется величина  $A(\vec{F}) = FS_1 \cos \alpha$ . Если угол  $\alpha$  острый, работа силы положительна. Если угол  $\alpha$  тупой, – отрицательна. При  $\alpha = 90^\circ$  сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

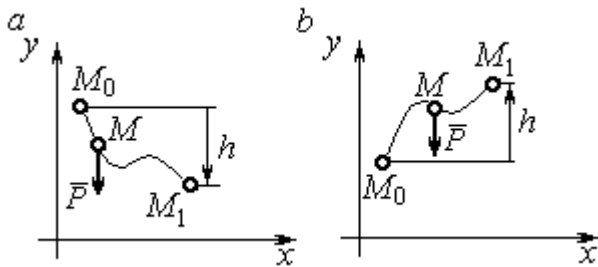


Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:  
 а – перемещение точки сверху вниз;  
 б – перемещение точки снизу вверх

**Работа силы тяжести** материальной точки (вертикальной силы) при перемещении точки из положения  $M_0$  в положение  $M_1$  равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки

$$A_{(M_0M_1)} = \pm Ph, \text{ где } P \text{ – величина си-}$$

лы тяжести точки;  $h$  – величина вертикального перемещения точки (рис. 4.14). Работа силы тяжести положительная, если начальная точка движения выше конечной, и отрицательная, – если ниже.

**Работа силы упругости пружины** на прямолинейном перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние  $h$  определяется формулой  $A(F_{\text{упр}}) = -\frac{ch^2}{2}$ , где  $c$  – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

**Кинетической энергией материальной точки** называется скалярная величина  $T = \frac{1}{2}mV^2$ , где  $m$  – масса точки;  $V$  – её скорость. **Теорема об изменении кинетической энергии точки** заключается в том, что изменение кинетической энергии точки за конечный промежуток времени равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил:  $\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$ , где  $V_0$ ,

$V_1$  – скорость точки в начальном положении  $M_0$  и в положении  $M_1$ ;  
 $\sum A_{(M_0M_1)}$  – сумма работ всех сил, действующих на точку, при её перемещении из положения  $M_0$  в положение  $M_1$ .

При несвободном движении точки сумма работ сил включает работу реакций связи. Если движение происходит без трения по неподвижной гладкой поверхности, то реакция связи направлена по нормали к поверхности и её работа при любом перемещении точки равна нулю.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения точки в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную:  $m \frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$ ,  $m \frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$ , где  $\sum F_\tau$ ,  $\sum F_n$  – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат;  $\rho$  – радиус кривизны траектории точки.

#### **4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии**

Тонкий стержень с надетым на него шариком массой  $m$  расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами  $r$  и  $R = 2r$ , соединённых прямолинейным отрезком  $EK$ , сопряжённым с дугами окружностей в точках  $E$  и  $K$ . В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя величины и направления скорости. Длина отрезка  $EK = a$ .

В точке  $A$ , положение которой на дуге окружности определяется углом  $\alpha$ , шариком сообщают начальную скорость  $V_0$ . По дугам окружностей шарик скользит без трения, а при движении по прямолинейному отрезку  $EK$  на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения  $f$ . На участках с вертикальным отрезком  $EK$  считать, что шарик прижимается к стержню силой, равной половине веса шарика.

Достигнув на дуге окружности точки  $D$ , шарик упирается в недеформированную пружину жёсткостью  $s$  и, продолжая движение по сопряженной прямой, сжимает её. Положение точки  $D$  определяется углом  $\varphi$ .

Определить величину максимального сжатия пружины, если шарик проходит наивысшее положение траектории – точку  $B$  со скоростью  $V_B = kV_0$ . При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке  $C$ , положение которой на дуге определяется углом  $\beta$ .

Варианты заданий приведены на рис. 4.15, 4.16. Исходные данные задания в табл. 4.3.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22	Варианты № 3, 13, 23
Варианты № 4, 14, 24	Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.

Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

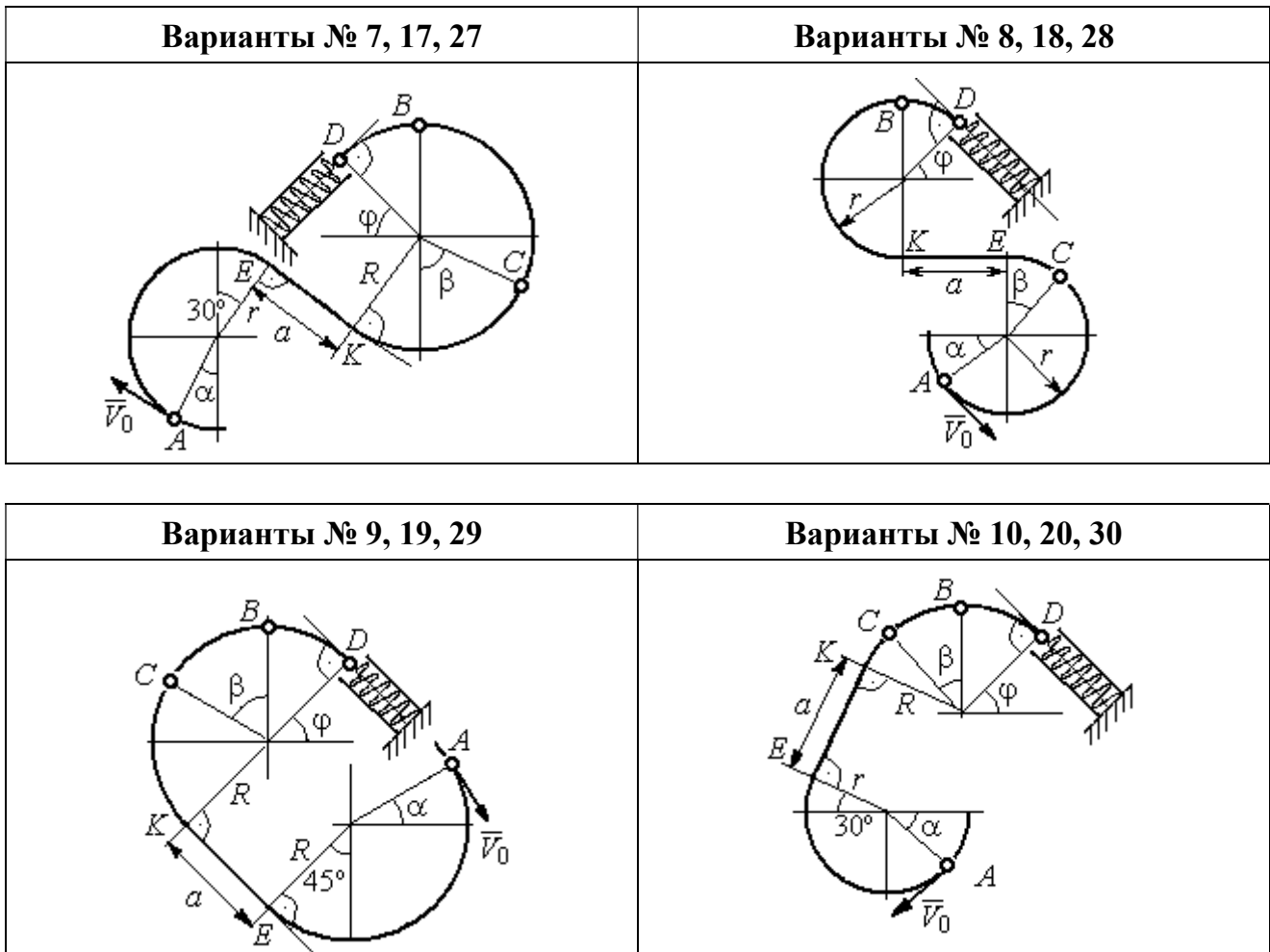


Рис. 4.16. Задание ДЗ. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.

Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 4.3

**Исходные данные задания ДЗ. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии**

Номер варианта задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$m$ , кг	0,8	0,5	0,6	0,4	1,0	0,6	0,9	0,5	0,3	0,4	0,8	0,6	0,5	0,3	1,0
$\alpha$ , град	30	45	0	30	30	0	0	45	30	0	60	30	30	45	60
$\beta$ , град	60	30	60	0	60	30	60	60	30	45	30	60	60	30	30
$\varphi$ , град	0	60	30	0	0	30	45	0	30	45	30	30	0	30	45
$r$ , м	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,8
$a$ , м	0,5	0,6	0,9	1,4	0,8	1,2	0,5	0,5	1,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6
$f$	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3
$k$	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
$c$ , Н/м	100	80	90	80	120	100	90	80	60	80	90	60	80	60	110

Номер варианта задания	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$m$ , кг	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,4	1,0	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	0,6	0,8
$\alpha$ , град	60	30	0	45	60	90	90	60	60	90	30	60	60	45	90
$\beta$ , град	60	30	45	90	60	45	90	60	60	30	30	60	60	0	60
$\varphi$ , град	45	60	60	60	30	90	0	90	45	60	60	90	30	60	0
$r$ , м	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4
$a$ , м	0,4	1,2	0,9	1,2	1,2	0,9	0,6	1,5	1,4	0,8	1,2	0,9	0,6	0,8	0,5
$f$	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
$k$	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
$c$ , Н/м	80	60	90	60	100	90	80	110	80	60	60	80	60	80	100

### Пример выполнения задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг окружностей, сопряженных в точках  $E$  и  $K$  с прямолинейным отрезком  $EK$  длиной  $a = 0,6$  м (рис. 4.17). Радиусы окружностей  $R = 1$  м и  $r = 0,5$  м.

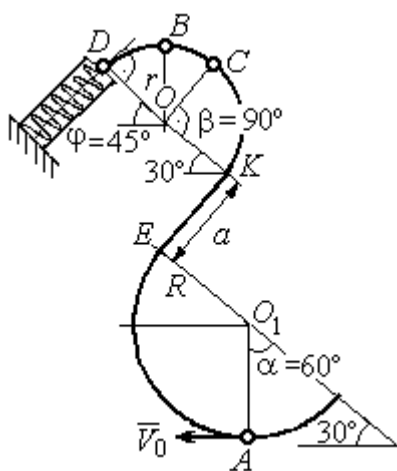


Рис. 4.17. Схема движения шарика

Диаметры дуг окружностей, проведённые в точках  $E$  и  $K$ , составляют с горизонтом угол  $30^\circ$ . На стержень надет шарик массой  $m = 0,5$  кг. В точке  $A$ , положение которой на дуге радиуса  $R$  определяется углом  $\alpha = 60^\circ$  (см. рис. 4.17), шарик сообщают начальную скорость  $V_0$ , после чего он начинает движение. По дугам окружностей шарик скользит без трения. При движении по прямой  $EK$  на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения  $f = 0,2$ . До-

стигнув точки  $D$  на верхней дуге, шарик упирается в пружину жесткостью  $c = 100$  Н/м и, двигаясь по сопряжённой прямой без трения, сжимает её. Найти величину максимального сжатия пружины, если наивысшее положение на траектории (точку  $B$ ) шарик проходит со скоростью  $V_B = kV_0$  при  $k = 0,3$ . При

найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке  $C$ , положение которой на дуге определяется углом  $\beta = 90^\circ$ .

### Решение

Рассмотрим движение шарика по стержню из начального положения  $A$  в наивысшее положение – точку  $B$ .

При движении шарика по дугам окружностей работу совершает только сила тяжести. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня, и потому её работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движения шарика по прямой  $EK$  на него действуют сила тяжести  $\vec{P}$ , нормальная реакция опоры  $\vec{N}_{EK}$  и сила трения  $\vec{F}_{тр}$  (рис. 4.18,  $b$ ). Ра-

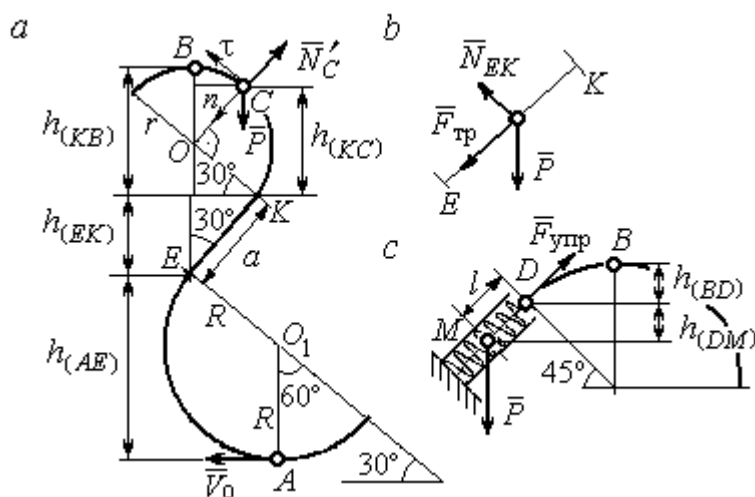


Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

боту совершают сила тяжести и сила трения. Работа реакции опоры стержня равна нулю.

Обозначим  $h_{(AB)}$  – перепад высот точек  $A$  и  $B$  на траектории;  $V_A$  – начальная скорость шарика в точке  $A$ ,  $V_A = V_0$ ;  $V_B$  – его скорость в точке  $B$ ,  $V_B = 0,3 V_0$ .

Для вычисления перепада высот точек  $A$  и  $B$  имеем выражение (рис. 4.18,  $a$ ):

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} = R(1 + \sin 30^\circ) + a \cos 30^\circ + r(1 + \sin 30^\circ).$$

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения  $A$  в

положение  $B$ , получим:  $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{тр})$ , где  $A(\vec{P}) = -Ph_{(AB)}$ ,

$A(\vec{F}_{\text{тр}}) = -F_{\text{тр}}a$  – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения  $AB$  и силы трения на отрезке  $EK$ . Сила трения равна  $F_{\text{тр}} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg \cos 60^\circ$  (рис. 4.18,  $a, b$ ).

В результате, теорема об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения  $A$  в конечное положение  $B$  принимает вид:  $\frac{m(0,3V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -mg[(R+r)(1 + \sin 30^\circ) + a(\cos 30^\circ + f \cdot \cos 60^\circ)]$ .

После подстановки данных задачи, получим:  $0,91V_0^2 = 55,517$ , откуда находим необходимое значение начальной скорости шарика:  $V_0 = 7,81$  м/с.

Найдём давление шарика на стержень в точке  $C$ .

Проведём в точке  $C$  оси естественной системы координат – касательную  $Ct$  и нормаль  $Cn$  (рис. 4.18,  $a$ ). Уравнение движения шарика в точке  $C$  в проекции на нормальную ось имеет вид:  $m \frac{V_C^2}{r} = P \cos 30^\circ - N'_C$ , где  $V_C$  – скорость шарика в точке  $C$ ,  $N'_C$  – реакция стержня, приложенная к шарика. Направление реакции на рис. 4.18,  $a$  соответствует предположению, что шарик давит на стержень в направлении центра дуги окружности.

Для определения скорости шарика в точке  $C$  воспользуемся тем, что скорость шарика в точке  $B$  уже известна, и применим теорему об изменении кинетической энергии при движении шарика из начального положения  $C$  в конечное положение  $B$ . На этом участке движения работу совершает только сила тяжести шарика. Получим  $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$ , где  $V_C, V_B$  – значения скорости шарика в точках  $C$  и  $B$ ;  $h_{(CB)}$  – перепад высот точек  $C$  и  $B$ ;

$h_{(CB)} = r(1 - \sin 30^\circ) = 0,5r$  (см. рис. 4.18,  $a$ ). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид:  $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(CB)}$  или  $V_C^2 = V_B^2 + gr$ . Отсюда, при условии  $V_B = 0,3V_0 = 2,34$  м/с, найдём  $V_C = 3,22$  м/с.



Реакция опоры шарика:  $N'_C = P \cos 30^\circ - m \frac{V_C^2}{r} = -6,12 \text{ Н}$ .

Отрицательное значение реакции опоры шарика означает, что вектор реакции  $\vec{N}'_C$  в точке  $C$  (см. рис. 4.18, *a*) направлен в противоположную сторону. Давление шарика на стержень в точке  $C$  равно модулю реакции опоры.

Найдём величину максимального сжатия пружины.

Рассмотрим движение шарика на участке от точки  $B$  до положения максимально сжатой пружины – точки  $M$ . Движение на этом участке происходит по дуге окружности  $BD$  и по прямой  $DM$ . При этом сила тяжести совершает работу на всём участке движения, а сила упругости – на отрезке сжатия пружины. Обозначим величину максимального сжатия пружины  $MD = l$ .

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения  $B$  в  $M$  получим:  $\frac{mV_M^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{упр}})$ , где  $V_M$ ,

$V_B$  – скорость шарика в точках  $M$  и  $B$ . Работа силы тяжести  $A(\vec{P}) = Ph_{(BM)} = P[h_{(BD)} + h_{(DM)}] = mg[r(1 - \cos 45^\circ) + l \cos 45^\circ]$ . Работа силы упругости на пря-

молинейном участке  $DM$  длиной  $l$ :  $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\frac{cl^2}{2}$ . Условие максимального

сжатия пружины означает, что в точке  $M$  скорость шарика обращается в нуль:  $V_M = 0$ , тогда теорема об изменении кинетической энергии точки принимает

вид:  $-\frac{mV_B^2}{2} = mg[r(1 - \cos 45^\circ) + l \cos 45^\circ] - \frac{cl^2}{2}$ . Подставляя данные задачи и с

учётом того, что скорость шарика в наивысшей точке  $B$  найдена из предыдущих рассуждений  $V_B = 2,34 \text{ м/с}$ , получим квадратное уравнение для определения величины максимального сжатия пружины  $50l^2 - 3,468l - 2,085 = 0$ . В качестве ответа принимается положительный корень уравнения  $l = 0,24 \text{ м}$ .

## 5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

### 5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

**Поступательное движение твёрдого тела** описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твёрдого тела имеют вид:  $m\ddot{x}_C = \sum F_{kx}^e$ ,  $m\ddot{y}_C = \sum F_{ky}^e$ ,  $m\ddot{z}_C = \sum F_{kz}^e$ , где  $m$  – масса тела;  $x_C, y_C, z_C$  – координаты центра масс тела;  $F_{kx}^e, F_{ky}^e, F_{kz}^e$  – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твёрдое тело.

**Вращательное движение твёрдого тела** относительно неподвижной оси  $z$  описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнение вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e) \quad \text{или} \quad J_z \ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}_k^e),$$

где  $\omega$  – угловая скорость тела;  $\omega = \dot{\varphi}$ ;  $\varphi$  – угол поворота тела;  $\sum M_z(\vec{F}_k^e)$  – моменты внешних сил относительно оси  $z$ ;  $J_z$  – момент инерции тела относительно оси  $z$ .

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме:  $J_z \varepsilon = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$ , где  $\varepsilon$  – угловое ускорение тела;  $\varepsilon = \dot{\omega}$ .

**Плоскопараллельное движение твёрдого тела** описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F_{kx}^e, \quad ma_{Cy} = \sum F_{ky}^e, \quad J_{zC} \varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}_k^e),$$

где  $a_{Cx}, a_{Cy}$  – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси;  $F_{kx}^e,$

$F_{ky}^e$  – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело;  $J_{zC}$  – момент инерции тела относительно оси  $z$ , проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения;  $\varepsilon$  – угловое ускорение тела;  $M_{zC}(\vec{F}_k^e)$  – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

## 5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединённых нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ , силы  $\vec{F}$  и пары сил с моментом  $M$ . Направление действия силы  $\vec{F}$  определяется углом  $\alpha$ . Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены  $R_2, r_2$  и  $R_3, r_3$ .

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны  $i_{z2}, i_{z3}$ .

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 5.1, 5.2. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

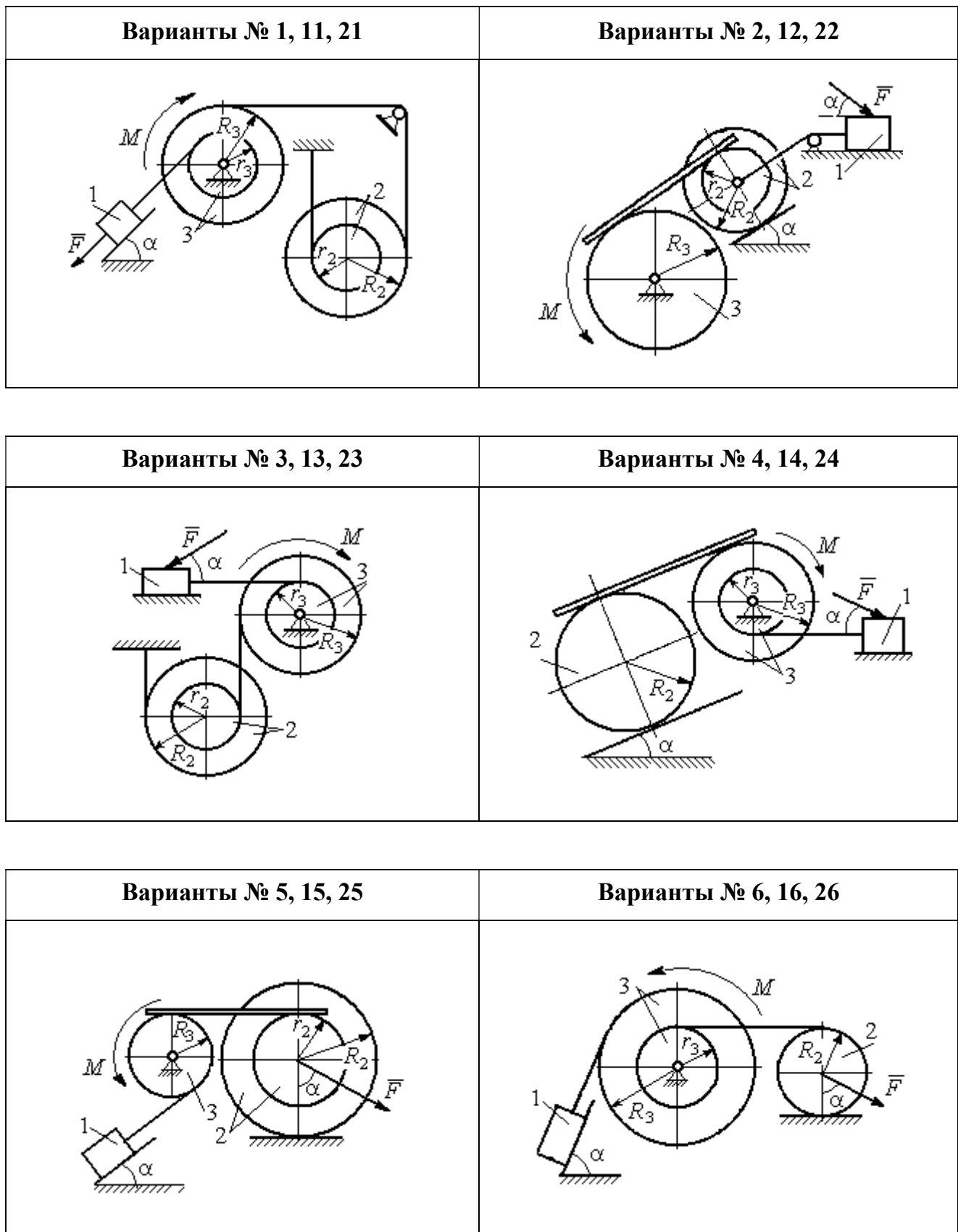


Рис. 5.1. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.  
 Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

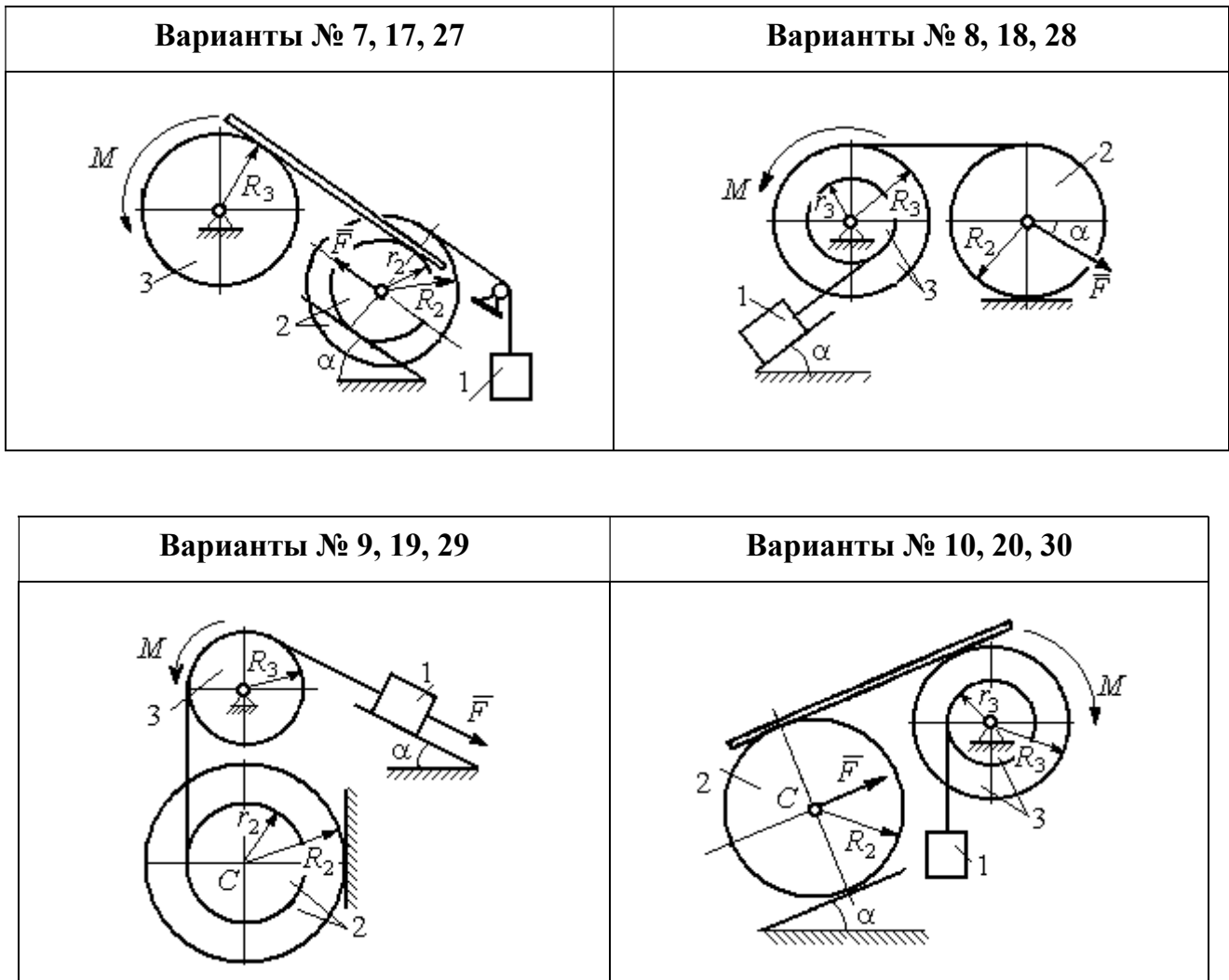


Рис. 5.2. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.  
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.1

**Исходные данные задания Д4. Динамический расчёт механической системы**

Номер варианта задания	$P_1, \text{Н}$	$P_2, \text{Н}$	$P_3, \text{Н}$	$F, \text{Н}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	$\alpha, \text{град}$	$R_2, \text{м}$	$r_2, \text{м}$	$R_3, \text{м}$	$r_3, \text{м}$	$i_{z_2}, \text{м}$	$i_{z_3}, \text{м}$
1	$P$	$P$	$2P$	$P$	$2Pr$	60	$3r$	$r$	$2r$	$r$	$2r$	$r\sqrt{2}$
2	$3P$	$P$	$3P$	$3P$	$Pr$	30	$2r$	$r$	$2r$	–	$2r$	–
3	$4P$	$3P$	$4P$	$2P$	$2Pr$	60	$2r$	$r$	$2r$	$r$	$2r$	$2r$
4	$2P$	$2P$	$4P$	$P$	$4Pr$	45	$3r$	–	$3r$	$r$	–	$r\sqrt{2}$
5	$P$	$3P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$r$	$r$	–	$2r$	–
6	$P$	$2P$	$4P$	$4P$	$6Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$r$	–	$r\sqrt{2}$
7	$P$	$2P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	45	$3r$	$r$	$r$	–	$r\sqrt{3}$	–

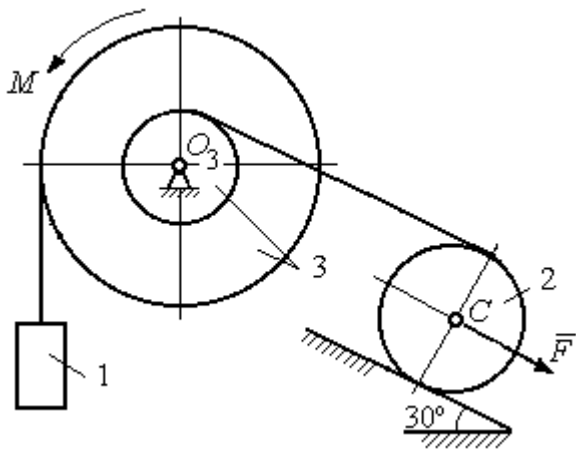
Номер варианта задания	$P_1, Н$	$P_2, Н$	$P_3, Н$	$F, Н$	$M, Н·м$	$\alpha, град$	$R_2, м$	$r_2, м$	$R_3, м$	$r_3, м$	$i_{z_2}, м$	$i_{z_3}, м$
8	$2P$	$3P$	$3P$	$P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	$r$	–	$r\sqrt{3}$
9	$3P$	$P$	$3P$	$P$	$2Pr$	30	$2r$	$r$	$2r$	–	$r\sqrt{2}$	–
10	$P$	$P$	$3P$	$P$	$2Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$r$	–	$r\sqrt{3}$
11	$P$	$P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	$r$	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$
12	$2P$	$P$	$2P$	$4P$	$Pr$	60	$3r$	$r$	$3r$	–	$r\sqrt{3}$	–
13	$3P$	$P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	$r$	$2r$	$r\sqrt{2}$
14	$2P$	$P$	$3P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$
15	$P$	$2P$	$4P$	$P$	$4Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$	–
16	$P$	$3P$	$4P$	$2P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	$r$	–	$r\sqrt{2}$
17	$P$	$P$	$3P$	$2P$	$6Pr$	60	$3r$	$r$	$3r$	–	$r\sqrt{3}$	
18	$2P$	$2P$	$3P$	$P$	$3Pr$	60	$2r$	–	$3r$	$r$	–	$r\sqrt{2}$
19	$2P$	$P$	$2P$	$3P$	$4Pr$	30	$3r$	$r$	$3r$	–	$2r$	–
20	$P$	$P$	$3P$	$P$	$2Pr$	45	$2r$	–	$2r$	$r$	–	$r\sqrt{3}$
21	$2P$	$P$	$4P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	$r$	$3r$	$r$	$r\sqrt{2}$	$2r$
22	$P$	$P$	$2P$	$5P$	$2Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$2r$	–
23	$2P$	$2P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	60	$3r$	$r$	$2r$	$r$	$2r$	$r\sqrt{2}$
24	$4P$	$P$	$3P$	$P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$3r$	$r$	–	$r\sqrt{3}$
25	$P$	$3P$	$2P$	$P$	$2Pr$	60	$3r$	$r$	$r$	–	$r\sqrt{3}$	–
26	$P$	$3P$	$4P$	$3P$	$3Pr$	45	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$
27	$P$	$P$	$4P$	$2P$	$4Pr$	30	$2r$	$r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$	
28	$2P$	$3P$	$3P$	$P$	$6Pr$	30	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{2}$
29	$2P$	$P$	$2P$	$2P$	$2Pr$	45	$2r$	$r$	$r$	–	$2r$	–
30	$P$	$P$	$4P$	$P$	$4Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$

#### Пример выполнения задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 5.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ , равных по модулю:  $P_1 = 2P, P_2 = 2P, P_3 = 3P$ , силы  $\vec{F}$ , приложенной в центре масс катка 2, равной по величине:  $F = 3P$ , и пары сил с моментом  $M = Pr$ ,

приложенных к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической си-



стемой. Радиус катка 2  $R_2 = 2r$ . Каче-  
ние катка по наклонной плоскости  
происходит без проскальзывания. Ра-  
диусы ступенчатого блока 3:  $R_3 = 3r$ ,  
 $r_3 = r$ . Радиус инерции блока 3  
 $i_3 = r\sqrt{3}$ .

Применяя метод динамического  
расчета механической системы найти

ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающего-  
ся блока 3.

### Решение

Освобождаем систему от связей. На рис. 5.4 изображены внешние силы,  
действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

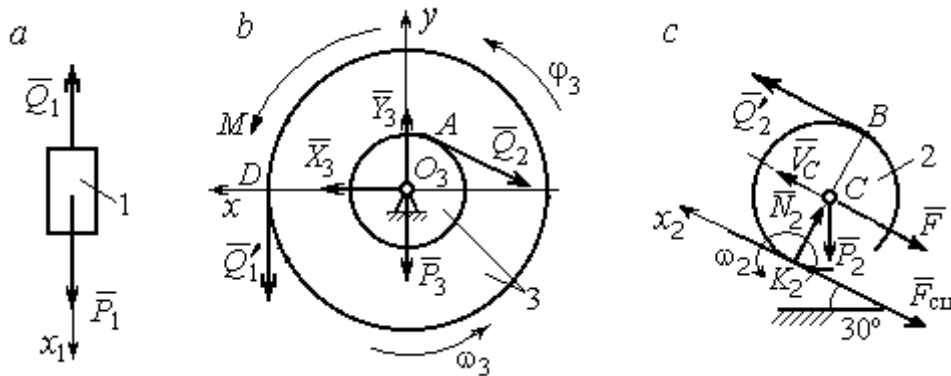


Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:  
a – поступательное движение груза 1; b – вращательное движение блока 3;  
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тя-  
жести  $\vec{P}_1$  и реакция нити  $\vec{Q}_1$  (рис. 5.4, a). Предположим, груз 1 движется вниз, и  
направим ось  $x_1$  в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось  $x_1$  в соответствии с теоре-  
мой о движении центра масс механической системы имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1,$$

где  $m_1$ ,  $a_1$  – соответственно, масса груза 1 и его ускорение,  $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$ .

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси  $z$ , проходящей через его центр масс  $O_3$ , перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 5.4, *b* дуговой стрелкой  $\omega_3$ .

На блок действуют сила тяжести  $\vec{P}_3$ , силы реакции подшипника  $\vec{X}_3$ ,  $\vec{Y}_3$ , момент  $M$  и реакции нитей  $\vec{Q}'_1$  и  $\vec{Q}_2$  (см. рис. 5.4, *b*). При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3} \varepsilon_3 = \sum M_{zO_3} (F_k) = Q'_1 R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r,$$

где  $J_{zO_3}$  – момент инерции блока 3 относительно оси  $z$ ;  $\varepsilon_3$  – угловое ускорение

диска 3,  $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g} (r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$ .

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести  $\vec{P}_2$ , сила  $\vec{F}$ , реакция нити  $\vec{Q}'_2$  и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры  $\vec{N}_2$  и силы сцепления катка с поверхностью  $\vec{F}_{\text{сц}}$ . Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил  $\vec{Q}_2$  и  $\vec{Q}'_2$  равны. На рис. 5.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси  $x_2$ . Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости  $\omega_2$  (см. рис 5.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через



центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2 a_C = Q'_2 - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q'_2 R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r,$$

где  $m_2$  – масса катка 2,  $m_2 = \frac{P_2}{g} = \frac{2P}{g}$ ;  $a_C$ ,  $\varepsilon_2$  – ускорение центра масс и угловое

ускорение катка 2;  $J_C$  – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска,

$J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{PR_2^2}{g} = \frac{4Pr^2}{g}$ . В уравнении вращательного движения диска мо-

мент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска,

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна  $V_C$ , то угловая скорость катка определится по формуле:

$\omega_2 = \frac{V_C}{CK_2} = \frac{V_C}{R_2}$ , где  $CK_2$  – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновен-

ного центра скоростей (см. рис. 5.4, с). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс

катка 2 и его угловым ускорением:  $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{R_2} = \frac{a_C}{R_2} = \frac{a_C}{2r}$ .

Скорость точки  $B$  катка 2 (см. рис. 5.4, с)  $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \frac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$ .

Точка  $B$  катка 2 и точка  $A$  блока 3 соединены нитью (см. рис. 5.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек  $A$  и  $B$ , получим равенство:

$2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$ , откуда  $\omega_3 = \frac{2V_C}{r}$ . После дифференцирования по-

следнего выражения найдём соотношение между ускорениями:  $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$ .

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом:  $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \frac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$ . Тогда  $a_1 = 6a_C$ .

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g} a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g} \varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g} \varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей:  $\varepsilon_2 = \frac{a_C}{2r}$ ,  $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$ ,  $a_1 = 6a_C$ .

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину  $Q_1$ , а из третьего и четвёртого уравнений – величину  $F_{\text{сц}}$ , получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g} a_C = 7P - Q_2, \quad \frac{3P}{g} a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда  $a_C = \frac{10}{111}g$ ,  $Q_2 = \frac{79}{37}P$ . Величину натяжения нити  $Q_1$  находим из перво-

го уравнения исходной системы:  $Q_1 = \frac{34}{37}P$ .

Для вычисления динамической реакции  $R_3$  оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю,  $\vec{a}_{O_3} = 0$ . Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси  $x, y$  имеют вид :

$$m_3 a_{O_3x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0, \quad m_3 a_{O_3y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

где  $X_3, Y_3$ , – проекции реакции  $R_3$  оси вращающегося блока 3 на оси  $x, y$  (см. рис. 5.4, *b*). Отсюда, с учетом значений  $Q_1 = 0,919P$  и  $Q_2 = 2,135P$ , проекции динамической реакции оси блока 3:  $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1,85P$ ,  $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4,98P$ . Полная величина динамической реакции оси блока 3:  $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5,31P$ .

### 5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

**Кинетическая энергия тела при поступательном движении:**

$$T = \frac{1}{2} m V_C^2, \text{ где } m \text{ – масса тела; } V_C \text{ – скорость центра масс тела.}$$

**Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси  $z$ :

$$T = \frac{1}{2} J_z \omega^2, \text{ где } J_z \text{ – момент инерции тела относительно оси } z; \quad \omega \text{ – угловая}$$

скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инер-

ции относительно оси  $z$ , проходящей через центр масс:  $J_z = \frac{1}{2} m R^2$ , где  $R$  – ра-

диус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой  $J_z = m i_z^2$ , где  $i_z$  –

радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном**

**движении:**  $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$ , где  $m$  – масса тела;  $V_C, \omega$  – скорость центра

масс и угловая скорость тела;  $J_{zC}$  – момент инерции тела относительно оси  $z$ ,

проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

**Работа постоянной по модулю и направлению силы  $\vec{F}$**  на конечном прямолинейном перемещении  $S$  точки приложения силы:  $A(F) = F S \cos \alpha$ , где  $\alpha$  – угол между вектором силы и перемещением. Если угол  $\alpha$  острый, работа

положительна. Если тупой – отрицательна. При  $\alpha = 90^\circ$  сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

**Работа пары сил с постоянным моментом**  $M$  при повороте тела на конечный угол  $\varphi$ :  $A = \pm M\varphi$ , где  $\varphi$  – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

**Мощностью силы**  $\vec{F}$  называют величину  $N(F)$ , равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения:  $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V \cos\alpha$ , где  $V$  – скорость точки приложения силы;  $\alpha$  – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов:  $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O \cos\alpha \pm Fh_O\omega$ , где  $\vec{V}_O$  – вектор скорости точки, выбранной полюсом;  $\vec{\omega}$  – вектор угловой скорости тела;  $\vec{M}_O$  – вектор момента силы  $\vec{F}$  относительно полюса;  $h_O$  – плечо силы  $\vec{F}$  относительно полюса  $O$ .

**Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме.** Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил  $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$ , где  $T$  – кинетическая энергия системы;  $\sum N(\vec{F}_k^e)$ ,  $\sum N(\vec{F}_k^i)$  – сумма мощностей, соответственно, внешних и внутренних сил.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении.** Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему  $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$ , где  $T$ ,  $T_0$  – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях;  $\sum A(\vec{F}_k^e)$ ,  $\sum A(\vec{F}_k^i)$  – сум-

ма работ внешних и внутренних сил при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

#### **5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии**

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

Вес дисков  $P_1$  и  $P_2$ . Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ , сил  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  и пары сил с моментом  $M$ . Направления действия сил  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  и наклон плоскости (если он есть) определяются углами  $\alpha$  или  $\beta$ , показанными на схемах механизмов.

Радиус однородного диска  $r$ . Радиусы ступеней ступенчатого диска  $R$  и  $r$ . Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен  $i_z$ .

1. Найти ускорение центра масс диска 2.
2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 5.5, 5.6, исходные данные представлены в табл. 5.2.

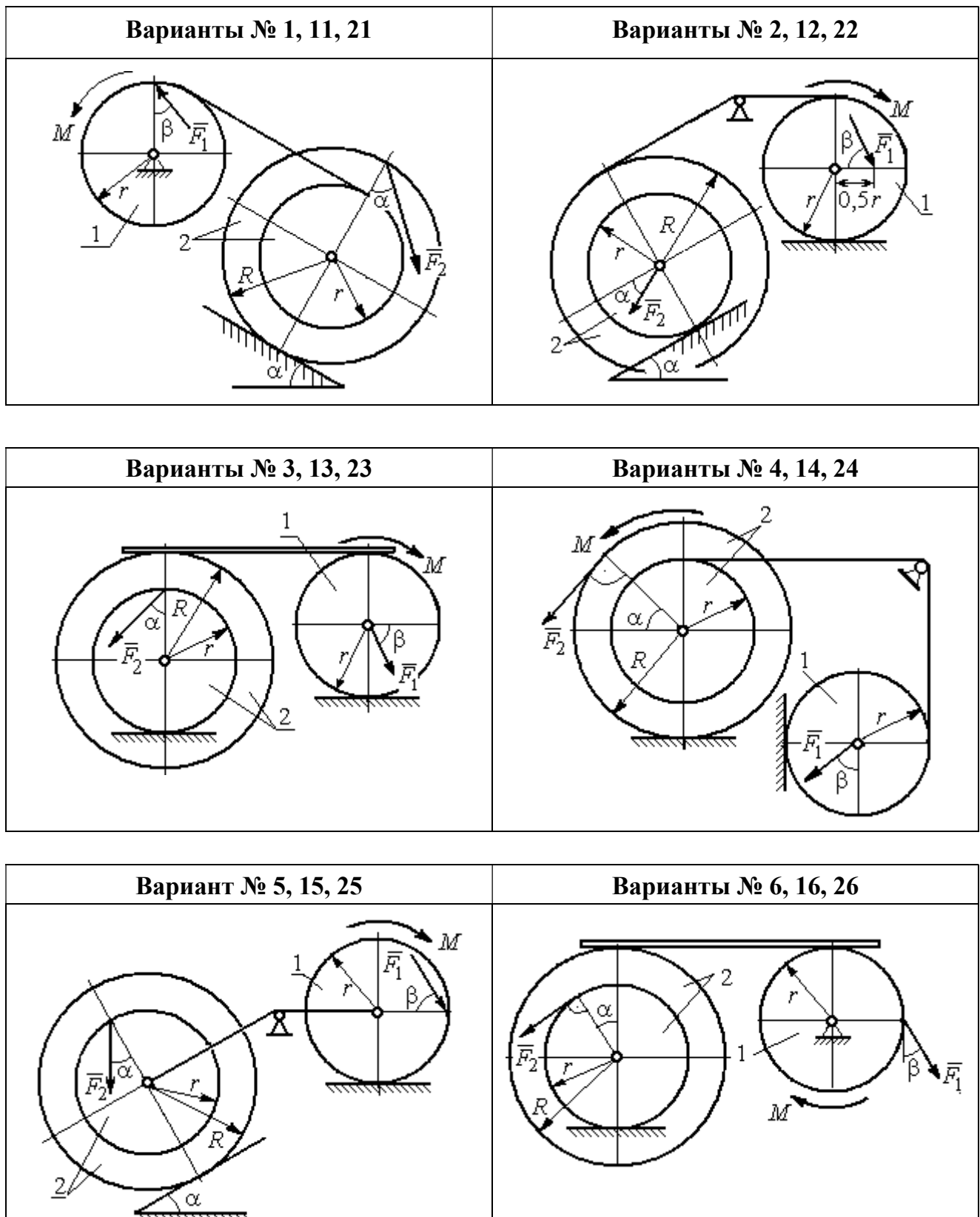


Рис. 5.5. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии.  
Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

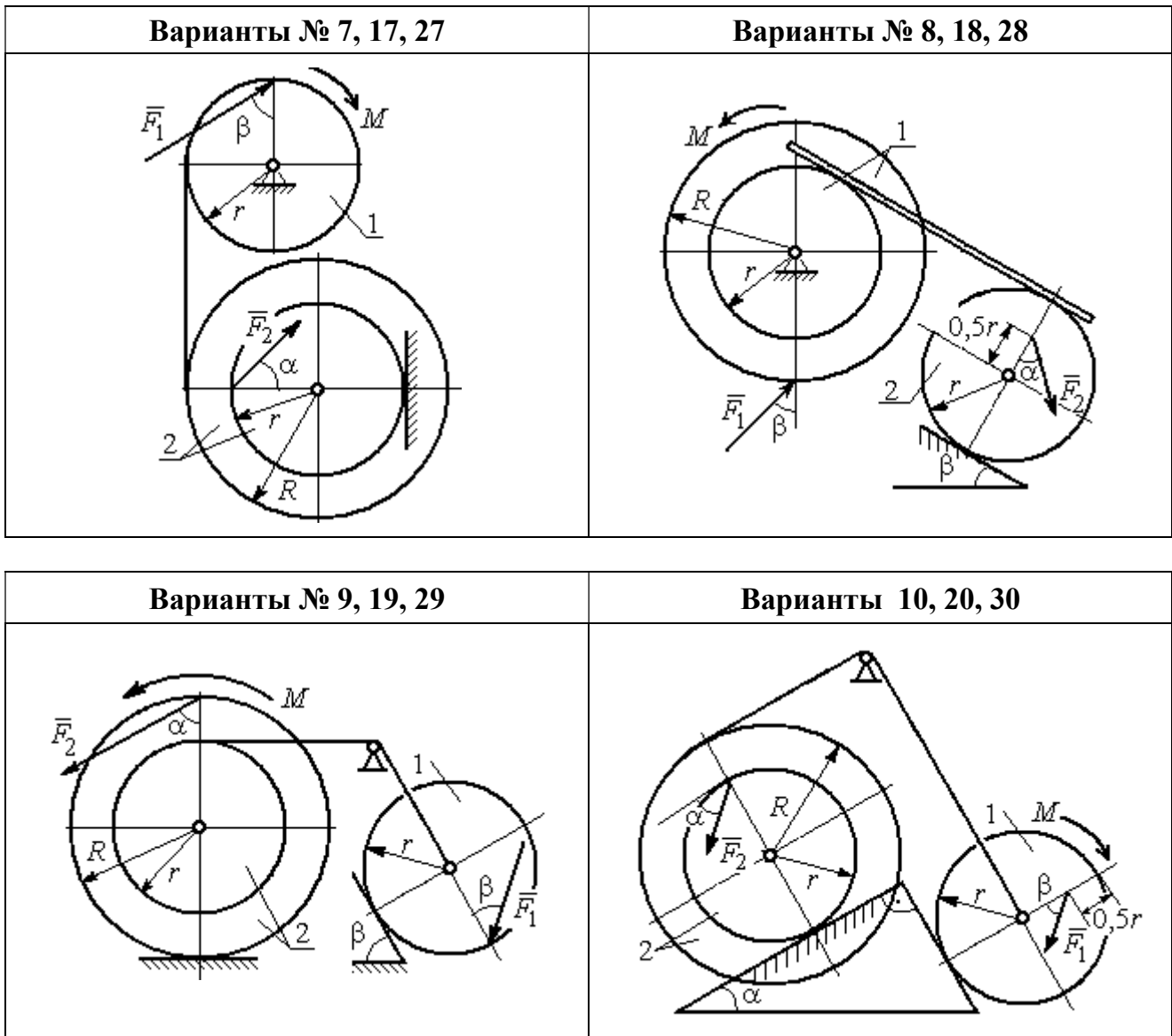


Рис. 5.6. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.2

**Исходные данные задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии**

Номер варианта задания	$P_1, \text{Н}$	$P_2, \text{Н}$	$F_1, \text{Н}$	$F_2, \text{Н}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	$\alpha, \text{град}$	$\beta, \text{град}$	$R, \text{м}$	$r, \text{м}$	$i_z, \text{м}$
1	10	20	15	20	25	30	60	0,4	0,3	0,3
2	20	30	10	20	20	60	30	0,6	0,3	0,4
3	10	15	12	20	25	60	60	1,2	0,6	0,8
4	12	25	20	25	35	30	30	1,5	0,5	1,2

Номер варианта задания	$P_1$ , Н	$P_2$ , Н	$F_1$ , Н	$F_2$ , Н	$M$ , Н·м	$\alpha$ , град	$\beta$ , град	$R$ , м	$r$ , м	$i_z$ , м
5	15	20	10	20	30	60	30	0,8	0,4	0,7
6	18	20	18	22	22	45	60	1,2	0,4	0,9
7	15	25	10	8	20	45	45	0,9	0,6	0,7
8	25	22	10	12	30	45	60	1,0	0,8	0,9
9	12	25	18	10	32	30	30	0,8	0,6	0,7
10	10	15	8	10	28	60	30	1,4	0,7	1,2
11	15	22	20	25	30	60	45	0,6	0,4	0,5
12	20	25	15	40	30	30	60	0,8	0,4	0,6
13	10	20	10	25	30	45	30	1,0	0,5	0,9
14	12	15	18	15	25	30	30	0,9	0,3	0,8
15	20	25	20	20	30	45	60	1,0	0,5	0,8
16	10	15	10	15	16	60	45	1,2	0,4	1,1
17	18	25	12	10	30	30	30	1,5	0,9	1,3
18	25	20	10	15	20	60	60	0,8	0,5	0,7
19	12	25	10	10	32	60	60	1,2	0,9	1,1
20	15	20	8	20	25	30	45	0,8	0,4	0,7
21	10	25	25	15	30	45	30	0,7	0,5	0,6
22	18	20	20	20	35	60	45	1,4	0,7	0,9
23	10	15	10	30	30	30	30	1,4	0,7	0,8
24	10	15	12	20	20	30	30	1,2	0,4	0,8
25	12	18	20	18	30	60	30	1,2	0,6	1,1
26	10	12	12	15	15	30	30	0,9	0,3	0,8
27	15	22	10	12	20	45	60	0,8	0,6	0,7
28	22	20	8	16	8	30	45	0,6	0,2	0,4
29	18	25	10	8	32	60	60	1,2	0,8	1,1
30	20	25	8	20	28	30	30	0,8	0,4	0,6

### Пример выполнения задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  и пары сил с моментом  $M$ . Направления действия сил  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  определяются углами  $\alpha$  и  $\beta$ .

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси  $O_1$ . Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без проскальзывания.



Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

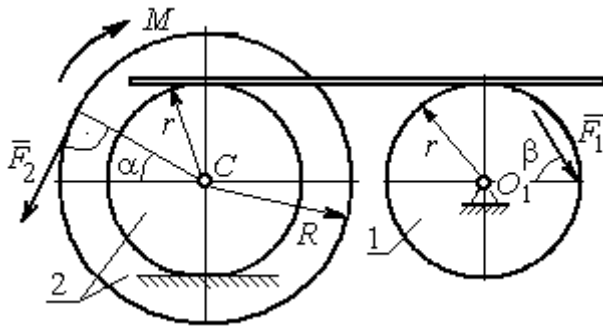


Рис. 5.7. Схема движения механической системы

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира  $O_1$ , реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести  $P_1 = 40$  Н,

$P_2 = 60$  Н, модули сил  $F_1 = 80$  Н,  $F_2 = 30$  Н, величина момента  $M = 35$  Н·м, углы наклона сил  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ , радиусы дисков  $R = 0,8$  м,  $r = 0,6$  м, радиус инерции диска 2  $i_z = 0,4$  м.

### Решение

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости  $\omega_1$  и  $\omega_2$  дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 5.8.

На диск 1 действуют силы:  $\vec{F}_1$ , сила тяжести  $\vec{P}_1$  и реакция шарнира  $O_1$ , разложенная на составляющие  $\vec{X}_1$ ,  $\vec{Y}_1$ . На диск 2: сила  $\vec{F}_2$ , сила тяжести  $\vec{P}_2$ , пара сил с моментом  $M$ , нормальная реакция опоры  $\vec{N}$  и сила сцепления диска 2 с поверхностью  $\vec{F}_{\text{сц}}$ . Направления действия сил показаны на рис. 5.8.

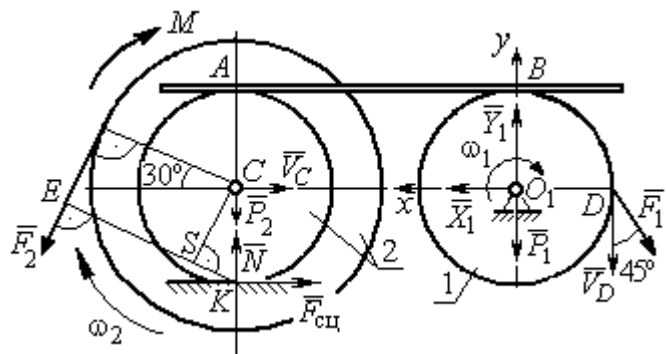


Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи рассматриваемая система неизменяемая и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид  $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$ , где  $T$  – энергия системы в текущем положении;  $\sum N(\vec{F}_k^e)$  – суммарная мощность внешних сил.

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1:  $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$ , где  $\omega_1$  – угловая скорость диска 1;  $J_{zO_1}$  – осевой момент инерции диска 1,  $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$ . Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле:  $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$ , где  $V_C$ ,  $\omega_2$  – скорость центра масс и угловая скорость диска 2;  $J_{zC}$  – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси  $z$ , проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска,  $J_{zC} = m_2 i_z^2$ .

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка  $K$  на рис. 5.8). Тогда скорость точки  $C$  определяется по формуле  $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$ , откуда  $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$ . Скорость точки  $A$   $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$ , или  $V_A = 2V_C$ .

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки  $A$  на диске 2 равна скорости точки  $B$  на диске 1, причём  $V_B = \omega_1 r$ . Приравнивая скорости  $V_B = V_A$ , найдем  $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$ .

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left( \frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left( \frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left( 1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2.$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt} \left[ \frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g} \left( 1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести  $\vec{P}_1$  и сил реакции  $\vec{X}_1, \vec{Y}_1$  подшипника  $O_1$  равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил  $\vec{N}$  и  $\vec{F}_{\text{сц}}$  – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы  $\vec{P}_2$  равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки  $C$  – равен  $90^\circ$  (см. рис. 5.8). Для определения мощности силы  $\vec{F}_2$ , приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку  $K$  – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого  $V_K = 0$  (см. рис. 5.8). В этом случае мощность силы  $\vec{F}_2$  равна:  $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$ , где  $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$  – вектор момента силы  $\vec{F}_2$  относительно центра  $K$ ;  $\vec{\omega}_2, \omega_2$  – вектор и модуль угловой скорости диска 2;  $h_K$  – плечо силы  $\vec{F}_2$  относительно центра  $K$ . Мощ-

ность силы  $\vec{F}_2$  отрицательная, так как направление момента силы  $\vec{F}_2$  относительно точки  $K$  противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы  $\vec{F}_2$ :

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2 (R + r \cos 60^\circ) \omega_2 = -F_2 V_C \left( \frac{1}{2} + \frac{R}{r} \right).$$

Здесь  $h_K = EK = ES + SK = R + r \cos 60^\circ$  (см. рис. 5.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы  $F_2$  можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку  $C$ . Имеем:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R \omega_2 = -F_2 V_C \left( \frac{1}{2} + \frac{R}{r} \right).$$

Момент  $M$  направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная:  $N(M) = M \omega_2 = M \frac{V_C}{r}$ . Мощность силы  $\vec{F}_1$ , приложенной в точке  $D$ ,

$N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \sqrt{2}$ . Здесь учтено очевидное равенство  $V_D = V_A = 2V_C$  (см. рис. 5.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C \left( \frac{1}{2} + \frac{R}{r} \right) + M \frac{V_C}{r} + F_1 V_C \sqrt{2}.$$

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C \frac{dV_C}{dt} \left[ \frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g} \left( 1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right] = -F_2 V_C \left( \frac{1}{2} + \frac{R}{r} \right) + M \frac{V_C}{r} + F_1 V_C \sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[ -F_2 \left( \frac{1}{2} + \frac{R}{r} \right) + \frac{M}{r} + F_1 \sqrt{2} \right] g}{\left[ 2P_1 + P_2 \left( 1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right]}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим:  $a_C = 6,85 \text{ м/с}^2$ .

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство  $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_C}{r}$ . Дифференцирование здесь допустимо, так как во время движения диска 2 расстояние от точки  $C$  до мгновенного центра скоростей диска 2 – точки  $K$  – не меняется.

Найдем  $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{r} = \frac{a_C}{r} = 11,42 \text{ рад/с}^2$ . Угловое ускорение диска 1

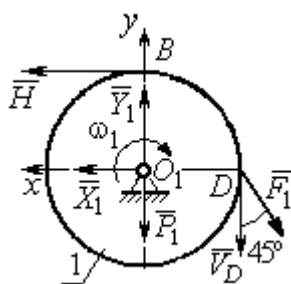


Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

находится путём дифференцирования равенства  $\omega_1 = 2\omega_2$ . Имеем:  $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22,84 \text{ рад/с}^2$ .

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией  $\vec{H}$  и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 5.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме:

$J_{zO_1} \varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$ , где  $\varepsilon_1$  – угловое ускорение диска;  $J_{zO_1}$  – момент инерции диска 1 относительно оси  $z$ , проходящей через точку  $O_1$  перпендикулярно плоскости диска,  $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$ ;  $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$  – сумма моментов внешних сил относительно оси  $z$ .

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси  $z$ :  $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r \cos 45^\circ - Hr$ . В результате уравнение вращательного

движения диска 1 принимает вид:  $\frac{P_1 r^2}{2g} \varepsilon_1 = F_1 r \cos 45^\circ - Hr$ .

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1  $\varepsilon_1 = 22,84 \text{ рад/с}^2$ , найдем реакцию стержня  $H = 28,63 \text{ Н}$ .

Для определения динамической реакции шарнира  $O_1$  диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат  $O_1x$  и  $O_1y$ , как показано на рис. 5.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H + X_1 - F_1 \sin 45^\circ = 0, \quad Y_1 - P_1 - F_1 \cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне  $H = 28,63$  Н, находим составляющие динамической реакции шарнира:  $X_1 = 27,94$  Н,  $Y_1 = 96,57$  Н. Полная реакция шарнира  $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = 100,53$  Н.

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат  $xCy$  показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси  $x, y$  имеют вид:

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2 \cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2 \cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня  $H = 28,63$  Н и ускорения центра масс диска 2  $a_C = 6,85$  м/с<sup>2</sup>, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры:  $F_{\text{сц}} = 28,27$  Н,  $N = 85,98$  Н.

Полная реакция опоры  $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90,51$  Н.

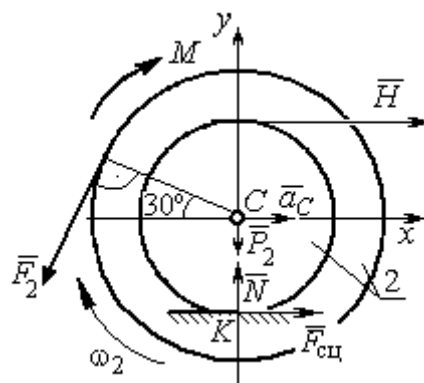


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

## 6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

### 6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики

**Силой инерции** материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения,

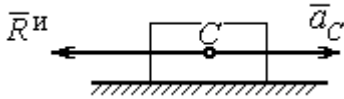


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

направленную противоположно этому ускорению  $\vec{R}^И = -m\vec{a}$ , где  $m$  – масса точки;  $\vec{a}$  – вектор ускорения точки.

При поступательном движении тела с ускорением центра масс  $\vec{a}_c$  система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции  $\vec{R}^И$ , равному по величине  $R^И = ma_c$ , приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению  $\vec{a}_c$  (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси  $z$ , проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведённый к центру масс тела, обращается в нуль (так как ускорение центра масс равно нулю). Таким образом, система сил инерции приводится к паре сил с моментом  $\vec{M}^И$ , равным главному моменту сил инерции относительно оси вращения. Величина главного момента сил инерции  $M^И = J_z \varepsilon$ , где  $J_z$  – момент инерции тела относительно оси  $z$ ;  $\varepsilon$  – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

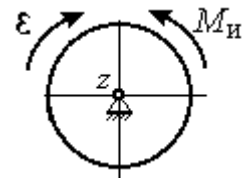


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс  $\vec{a}_c$  и угловым ускорением  $\varepsilon$  система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе  $\vec{R}^И$ , равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом  $\vec{M}^И$ , равным главному моменту сил инерции относительно оси,

проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения (рис. 6.3). Главный вектор сил инерции равен по модулю произведению массы тела на ускорение его центра масс:  $R^и = ma_c$ , приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению  $\vec{a}_c$  центра масс. Главный момент сил инерции равен по величине произведению момента инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, на угловое ускорение тела:

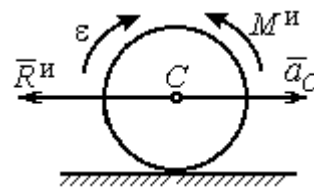


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

$M^и = J_c \varepsilon$ , где  $J_c$  – момент инерции тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (см. рис. 6.3).

**Принцип Даламбера для системы.** Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной. Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия:

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^и = 0, \quad \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^и = 0,$$

где  $\vec{F}_k^e$  – внешние силы, приложенные к системе;  $\vec{R}^и$  – главный вектор сил инерции;  $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$  – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра  $O$ ;  $\vec{M}_O^и$  – главный момент сил инерции относительно центра  $O$ .

Силы, действующие на систему, можно подразделить на активные и реакции связей. **Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

**Принцип возможных перемещений.** Для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма



элементарных работ всех активных сил, приложенных к точкам системы, была равна нулю на любом возможном перемещении системы:  $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$ , где  $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$  – элементарная работа активных сил на возможном перемещении.

Совместное применение принципа Даламбера и принципа возможных перемещений приводит к формулировке общего уравнения динамики.

**Общее уравнение динамики.** При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ всех приложенных активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю:  $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$ , где  $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$ ,  $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$  – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к системе, на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения. При этом переменные силы на элементарном перемещении точек их приложения считаются постоянными.

## 6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система с идеальными связями включает груз и два диска – однородного радиусом  $R$  или  $r$  и ступенчатого. Ступенчатый диск состоит из двух одноосных цилиндров радиусом  $R$  и  $r$ . Радиусы дисков указаны на схеме. Тела соединены нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя под действием сил тяжести, постоянной силы  $\vec{F}$ , а также пары сил с переменным моментом  $M$ . Направление действия силы  $\vec{F}$  и наклон плоскости движущихся тел определяются углами  $\alpha$  и  $\beta$ . Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен  $i_z$ .

Качение дисков без проскальзывания. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует. Движение грузов по плоскости без трения. Нити и стержни, соединяющие груз и диски, параллельны соответствующим плоскостям, по которым двигаются тела.

Найти уравнение движения центра масс диска 3. Определить реакцию шарнира диска 2 в момент времени  $t = 1$  с.

Варианты задания приведены на рис. 6.4, 6.5. Исходные данные выбираются из табл. 6.1.

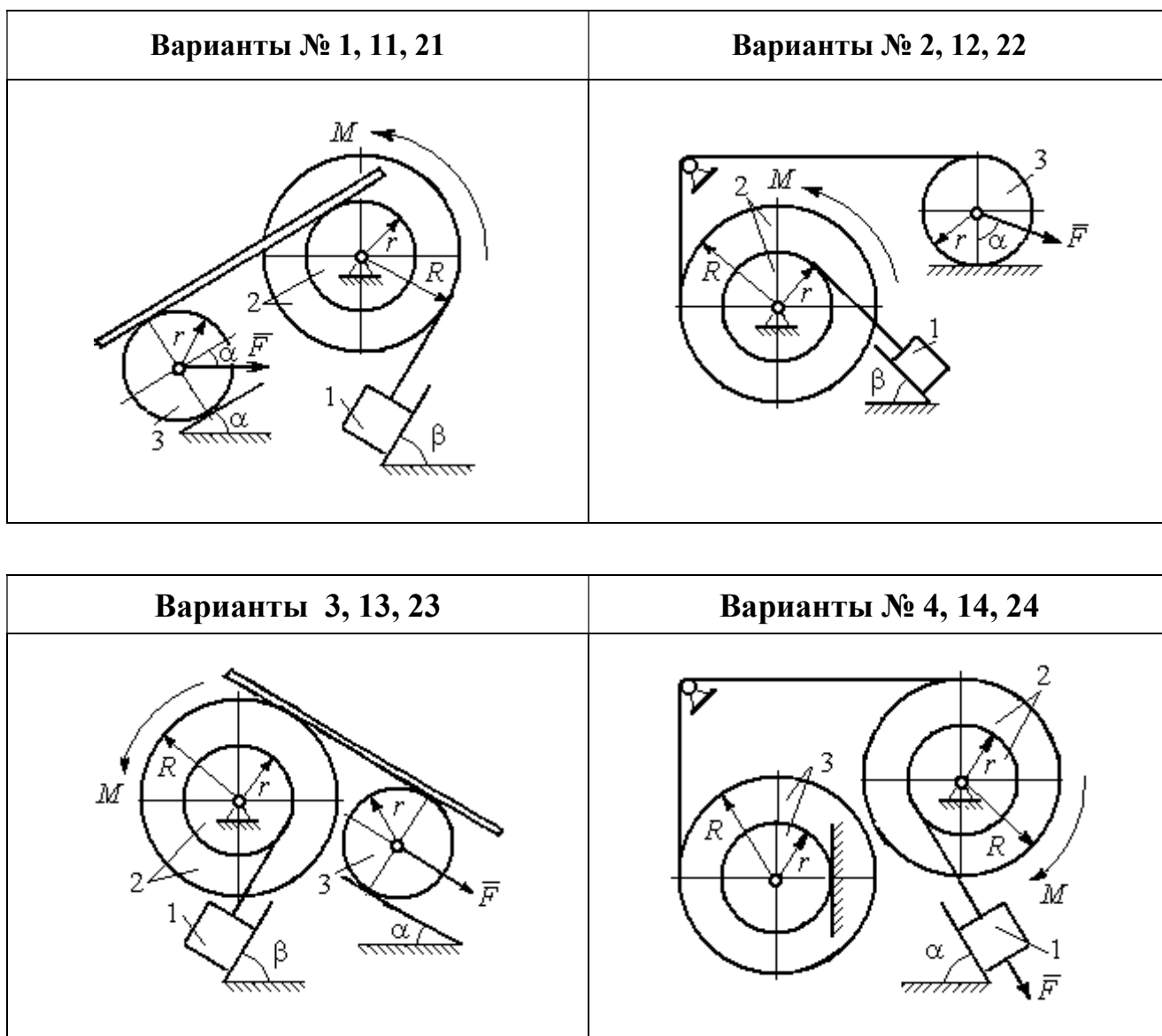


Рис. 6.4. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.  
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

<p><b>Варианты № 5, 15, 25</b></p>	<p><b>Варианты № 6, 16, 26</b></p>
<p><b>Варианты № 7, 17, 27</b></p>	<p><b>Варианты № 8, 18, 28</b></p>
<p><b>Варианты № 9, 19, 29</b></p>	<p><b>Варианты № 10, 20, 30</b></p>

Рис. 6.5. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.  
 Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

**Исходные данные задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики**

Номер варианта задания	$P_1$ , Н	$P_2$ , Н	$P_3$ , Н	$F$ , Н	$M$ , Н·м	$\alpha$ , град	$\beta$ , град	$R$ , м	$r$ , м	$i_z$ , м
1	10	20	8	20	$3(2+t^2)$	30	60	0,6	0,3	0,4
2	10	22	15	15	$4(t+3)$	30	30	0,8	0,4	0,6
3	5	18	10	6	$8(t^2+1)$	90	30	0,4	0,3	0,3
4	5	22	10	5	$14(t^2+t+1)$	30	–	0,6	0,5	0,6
5	5	20	16	9	$3(t^2+4)$	45	60	0,6	0,3	0,5
6	10	16	14	15	$4(5+t)$	60	30	1,0	0,6	0,8
7	6	20	20	8	$9(3t^2+2)$	45	–	0,8	0,6	0,8
8	16	25	15	12	$5(t^2+4)$	30	60	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	$4(3+5t)$	60	30	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	10	$5(3t+6)$	30	–	1,0	0,8	0,9
11	4	22	8	15	$2+t^2$	45	45	0,8	0,4	0,6
12	15	18	15	10	$5(t+3)$	30	60	1,0	0,5	0,7
13	6	20	10	4	$5(t^2+2)$	30	60	0,6	0,5	0,4
14	10	25	15	8	$16(t+2)$	60	–	0,8	0,6	0,7
15	8	18	20	10	$6(t+2)$	30	90	1,2	0,6	1,0
16	8	18	12	12	$5(3+t^2)$	90	60	0,8	0,6	0,7
17	5	20	10	10	$2t^2+20$	60	–	0,9	0,6	0,8
18	20	15	20	15	$3(t+4)$	60	30	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	10	$4(3+t)$	45	45	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	6	$6(3t+4)$	45	–	1,0	0,6	0,9
21	15	25	12	12	$6+t^2$	60	60	0,6	0,3	0,5
22	20	22	18	15	$2(2t+9)$	45	45	0,8	0,4	0,6
23	8	24	12	8	$7(3t^2+2)$	30	45	0,8	0,5	0,6
24	12	20	18	10	$6(t+4)$	90	–	0,5	0,3	0,4
25	5	20	12	12	$9(2+t^2)$	60	30	1,4	0,7	1,2
26	10	12	10	8	$6(2+t)$	30	45	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	14	$8(2t^2+3)$	30	–	0,8	0,2	0,6
28	10	20	20	20	$3(t^2+3)$	45	30	0,6	0,3	0,5
29	10	18	8	12	$5(4+t+t^2)$	30	60	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	15	$8(t^2+5)$	60	–	1,0	0,8	0,9

**Пример выполнения задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики**

Механическая система состоит из груза 1, движущегося поступательно, ступенчатого диска 2 (каток), катящегося по неподвижной поверхности цилиндра.

дрической ступенькой, и однородного диска 3 (блок), вращающегося вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс блока (рис. 6.6). Качение катка 2 без проскальзывания, скольжение груза 1 – без трения. Движение системы происходит под действием сил тяжести, силы  $\vec{F}$ , приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом  $M$ , приложенной к диску 3.

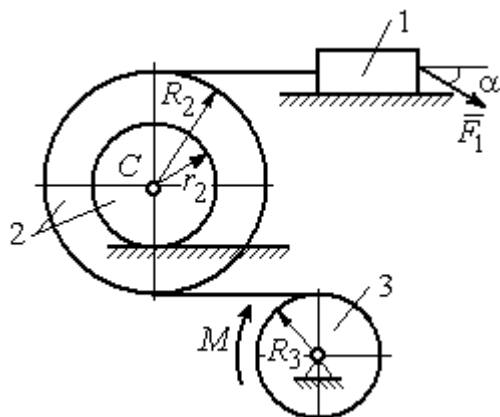


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

Найти уравнение движения центра масс катка 2 если движение системы началось из состояния покоя.

Определить реакцию шарнира диска 3 в момент  $t = 1$  с, если:  $P_1 = 10$  Н;  $P_2 = 20$  Н;  $P_3 = 15$  Н;  $F = 5(t+1)$  Н;  $M = 6(1+2t)$  Н·м;  $R_2 = 0,8$  м;  $r_2 = 0,2$  м;  $R_3 = 0,4$  м;  $i_{2C} = 0,6$  м.

### Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ , сила  $\vec{F}$  и пара сил с моментом  $M$  (рис. 6.7). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности без трения, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

Предположим, направление движения в системе задаёт пара сил с моментом  $M$ , приложенная к блоку 3. Обозначим  $\omega_3, \varepsilon_3$  – угловая скорость и угловое ускорение блока 3,  $V_C, a_C$  – скорость и ускорение центра масс катка 2,  $V_1, a_1$  – скорость и ускорение груза 1. Направления векторов скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений тел в соответствии с выбранным направлением движения системы показаны на рис. 6.7.

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0.$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1  $\vec{R}_1^и$  приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению  $\vec{a}_1$  груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1  $R_1^и = m_1 a_1$ , где  $m_1$  – масса груза 1;  $a_1$  – величина ускорения груза 1.

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции  $\vec{R}_2^и$ , приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции  $\vec{M}_2^и$  относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению  $\vec{a}_C$ , и составляет  $R_2^и = m_2 a_C$ , где  $m_2$  – масса катка 2;  $a_C$  – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции:  $M_2^и = J_{2C} \varepsilon_2$ , где  $J_{2C}$  – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения;  $\varepsilon_2$  – угловое ускорение катка 2. Направлен главный момент сил инерции  $M_2^и$  в сторону, противоположную угловому ускорению  $\varepsilon_2$ .

Главный вектор сил инерции, приложенных к блоку 3 и приведённых к центру масс блока, равен нулю, так как блок вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, и ускорение центра масс блока равно нулю. В результате силы инерции блока 3 приводятся к паре сил, момент которой ра-

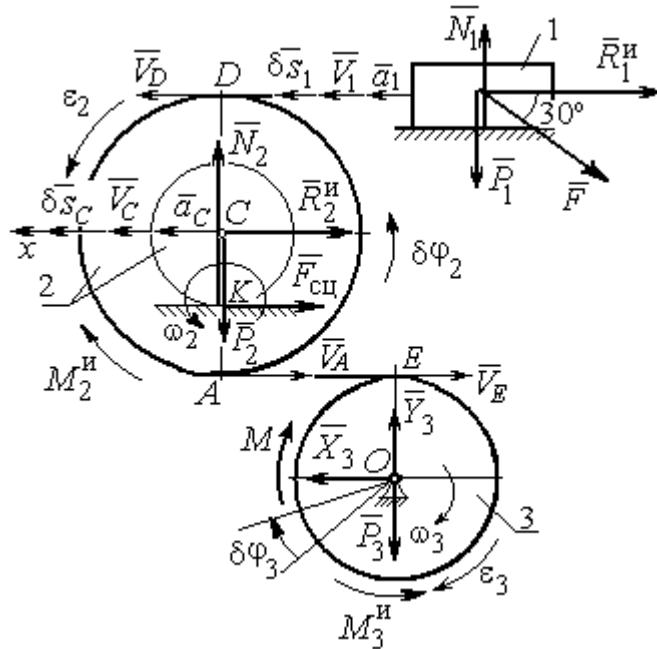


Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

вен главному моменту сил инерции  $\vec{M}_3^{\text{и}}$  относительно оси вращения. Главный момент сил инерции блока 3 равен по величине  $M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3$ , где  $J_{3O}$  – момент инерции блока 3 относительно оси вращения;  $\varepsilon_3$  – угловое ускорение блока 3, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению  $\varepsilon_3$ . Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.8.

Определим кинематические соотношения между скоростями точек системы и выразим их через скорость  $V_C$  центра масс катка 2. Каток 2 катится по неподвижной поверхности без скольжения. Мгновенный центр скоростей катка находится в точке  $K$  касания катка с поверхностью (см. рис. 6.7). Угловая скорость катка 2

$$\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_C}{r_2}. \quad \text{Скорость точки } A \text{ катка 2:}$$

$$V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2(R_2 - r_2) = V_C \frac{R_2 - r_2}{r_2}. \quad \text{Скорость точки } E \text{ блока 3 равна скорости}$$

точки  $A$  катка 2,  $V_E = V_A$ . Тогда угловая скорость блока 3:

$$\omega_3 = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = V_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Скорость груза 1 равна скорости точки  $D$  катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2(R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Для того чтобы найти соотношения между перемещениями, выразим кинематические равенства между скоростями в дифференциальном виде и, полагая, что действительное перемещение является возможным, т. е.  $ds = \delta s$ ,  $d\varphi = \delta\varphi$ , получим соотношения между возможными перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \delta \varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \quad \delta \varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Сообщим системе возможное перемещение, совпадающее с действительным. Элементарная работа реакций связи на любом возможном перемещении системы равна нулю, так как связи в системе идеальные.

Найдем элементарные работы активных сил и выразим их через перемещение центра масс катка 2. Прежде заметим, что элементарные работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как направления перемещений точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0, \quad \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается:  $\delta A(\vec{P}_3) = 0$ .

Элементарная работа пары сил с моментом  $M$ , приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\vec{M}) = M \delta \varphi_3 = M \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Элементарная работа силы  $\vec{F}$ :

$$\delta A(\vec{F}) = F \delta s_1 \cos 150^\circ = -F \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\begin{aligned} \sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) &= \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) = M \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ = \\ &= \left[ 6(1 + 2t) \left( \frac{0,8 - 0,2}{0,4 \cdot 0,2} \right) - 5(t + 1) \left( \frac{0,8 + 0,2}{0,2} \right) 0,866 \right] \delta s_C = (23,35 + 68,35t) \delta s_C. \end{aligned}$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения  $a_C$  центра масс катка 2:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1 (R_2 + r_2)}{g r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C} \varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \varepsilon_2 = \frac{P_2 i_{2C}^2 a_C}{g r_2},$$



$$M_3^H = J_{3O} \varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2} \varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2 (R_2 - r_2)}{2g R_3 r_2} a_C = \frac{P_3 R_3 (R_2 - r_2)}{2g r_2} a_C,$$

где  $J_{2C}$  – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения,  $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$ ;  $i_{2C}$  – радиус инерции катка 2;  $J_{3O}$  – момент инерции блока 3 относительно оси вращения, проходящей через его центр масс,  $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$ .

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения  $\delta s_C$  центра масс катка 2:

$$\delta A(\vec{R}_1^H) = R_1^H \delta s_1 \cos 180^\circ = - \frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^H) = R_2^H \delta s_C \cos 180^\circ = - \frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C, \quad \delta A(\vec{M}_2^H) = -M_2^H \delta \varphi_2 = - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^H) = -M_3^H \delta \varphi_3 = - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2g r_2^2} \delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\begin{aligned} \sum \delta A(\vec{R}_k^H) &= - \frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g} \delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2} \delta s_C - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2g r_2^2} \delta s_C = \\ &= - \frac{a_C \delta s_C}{g} \left[ \frac{10(0,8 + 0,2)^2}{0,2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0,6^2}{0,2^2} + \frac{15(0,8 - 0,2)^2}{2 \cdot 0,2^2} \right] = - 52,75 a_C \delta s_C, \end{aligned}$$

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^H) = (23,35 + 68,35t) \delta s_C - 52,75 a_C \delta s_C = 0,$$

откуда ускорение центра масс катка 2:

$$a_C = 0,44 + 1,29t.$$

Выберем ось  $x$  по направлению движения центра масс катка 2 (см. рис. 6.7). Проектируя вектор  $\vec{a}_C$  ускорения точки  $C$  на ось  $x$ , получим дифференциальное уравнение  $a_C = \ddot{x}_C = 0,44 + 1,29t$ . Интегрируя дважды это уравнение, найдём закон движения:  $x_C = 0,44\frac{t^2}{2} + 1,29\frac{t^3}{6} + C_1t + C_2$ . Подставляя сюда начальные условия:  $t = 0, V_C = 0, x_C = 0$ , найдём константы интегрирования:  $C_1 = C_2 = 0$ . Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_C = 0,22t^2 + 0,21t^3.$$

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести  $\vec{P}_3$ , реакция подшипника, разложенная на составляющие  $\vec{X}_3, \vec{Y}_3$ , пара сил с моментом  $M$  и реакция нити  $\vec{H}_3$  (см. рис. 6.8). Реакция нити, равная силе натяжения нити, приложена к блоку 3, направлена вдоль нити, связывающей каток 2 и блок 3. Присоединим к блоку 3 силы инерции. Направления сил, моментов пар сил и главного момента сил инерции, действующих на блок 3, показаны на рис. 6.8.

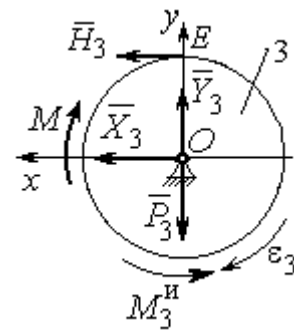


Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил (включая силы инерции) относительно оси вращения. Получим  $M - H_3R_3 - M_3^И = 0$ , где  $M_3^И = J_{3O}\epsilon_3 = \frac{P_3R_3(R_2 - r_2)a_C}{2gr_2}$ . Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)a_C}{2gr_2} = \frac{6(1 + 2t)}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)}{2gr_2}(0,44 + 1,29t) = 13,99 + 27,04t.$$

В момент времени  $t = 1$  с натяжение нити:  $H_3 = 41,04$  Н.

Так как главный вектор сил инерции блока 3 равен нулю, то составленные по принципу Даламбера уравнения равновесия блока 3 в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси содержат только внешние силы. Имеем:  $X_3 + H_3 = 0$ ,  $Y_3 - P_3 = 0$  (см. рис. 6.8). Отсюда находим составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени  $t = 1$  с:  $X_3 = -H_3 = -41,04$  Н,  $Y_3 = P_3 = 15$  Н. Отрицательное значение горизонтальной составляющей реакции шарнира  $X_3$  означает её противоположное направление.

Полная реакция шарнира  $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 43,69$  Н.

### 6.3. Уравнения Лагранжа II рода

**Обобщенными координатами** механической системы называется совокупность любых  $s$  независимых параметров  $q_1, q_2, \dots, q_s$ , однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменяются на элементарные (бесконечно малые) величины  $\delta q_1, \delta q_2, \dots, \delta q_s$ , называемые вариациями обобщенных координат, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде  $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \dots + Q_s \cdot \delta q_s$ . Величина  $Q_k$ , равная коэффициенту при вариации  $\delta q_k$  обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \dots, s,$$

где  $T$  – кинетическая энергия системы;  $q_1, q_2, \dots, q_s$  – обобщенные координаты;  $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_s$  – обобщенные скорости;  $s$  – число степеней свободы системы.

#### 6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью  $c$ . Брус 1, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3. Радиусы ступеней ступенчатого диска и радиус однородного диска указаны на схеме.

Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между бруском и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен  $i_z$ .

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ , силы  $\vec{F}$  и пары сил с моментом  $M$ .

Определить закон движения бруса 1 и закон угловых колебаний блока 2, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость  $\omega_{20}$ , направленную в сторону заданного момента пары сил.

Варианты заданий даны на рис. 6.9, 6.10. Варианты исходных данных в табл. 6.2. Отрицательные значения величин  $F$  или  $M$  в табл. 6.2 означают, что при заданных модулях силы или момента направление вектора силы  $\vec{F}$  или момента  $M$  на схеме следует изменить на противоположные.

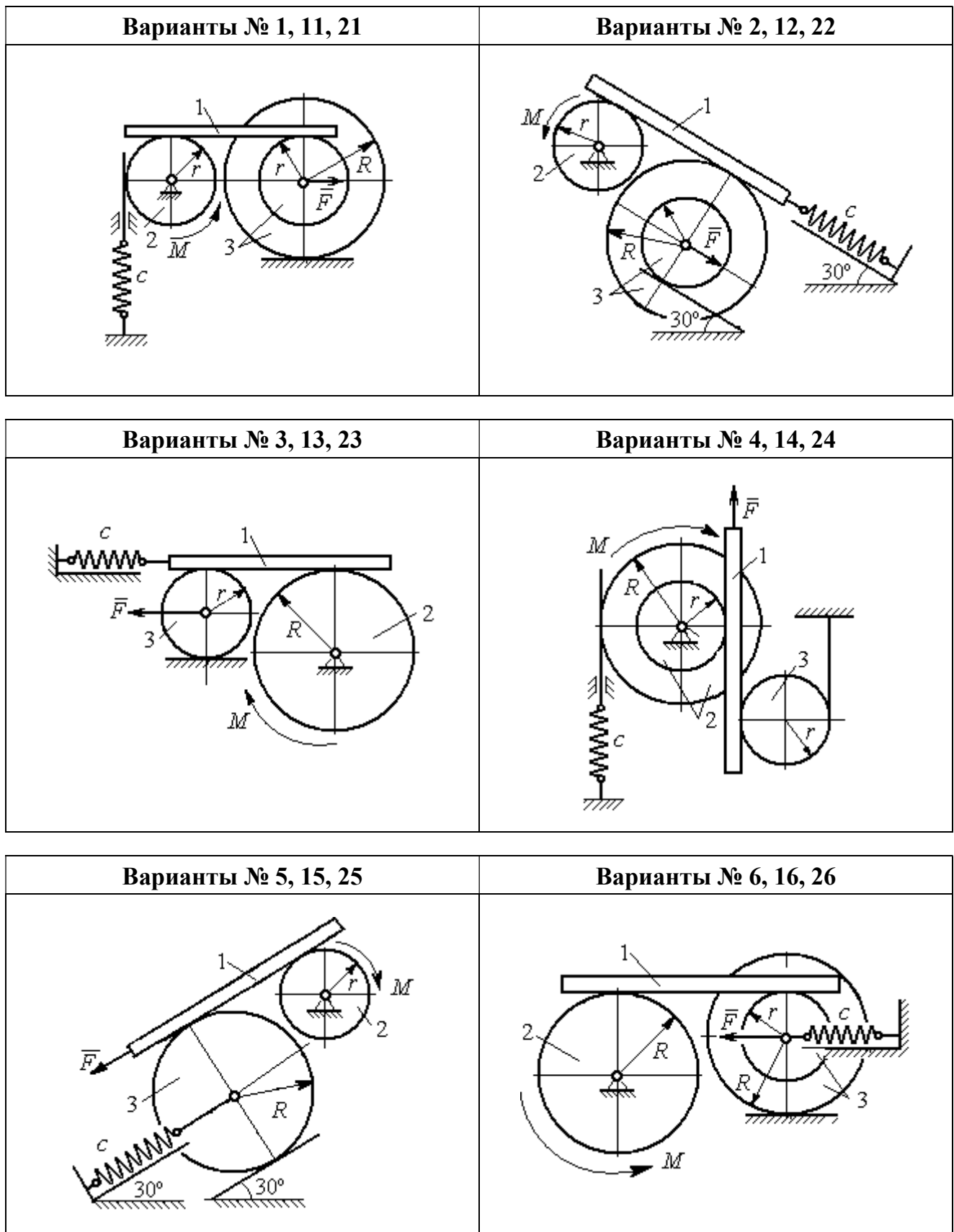


Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

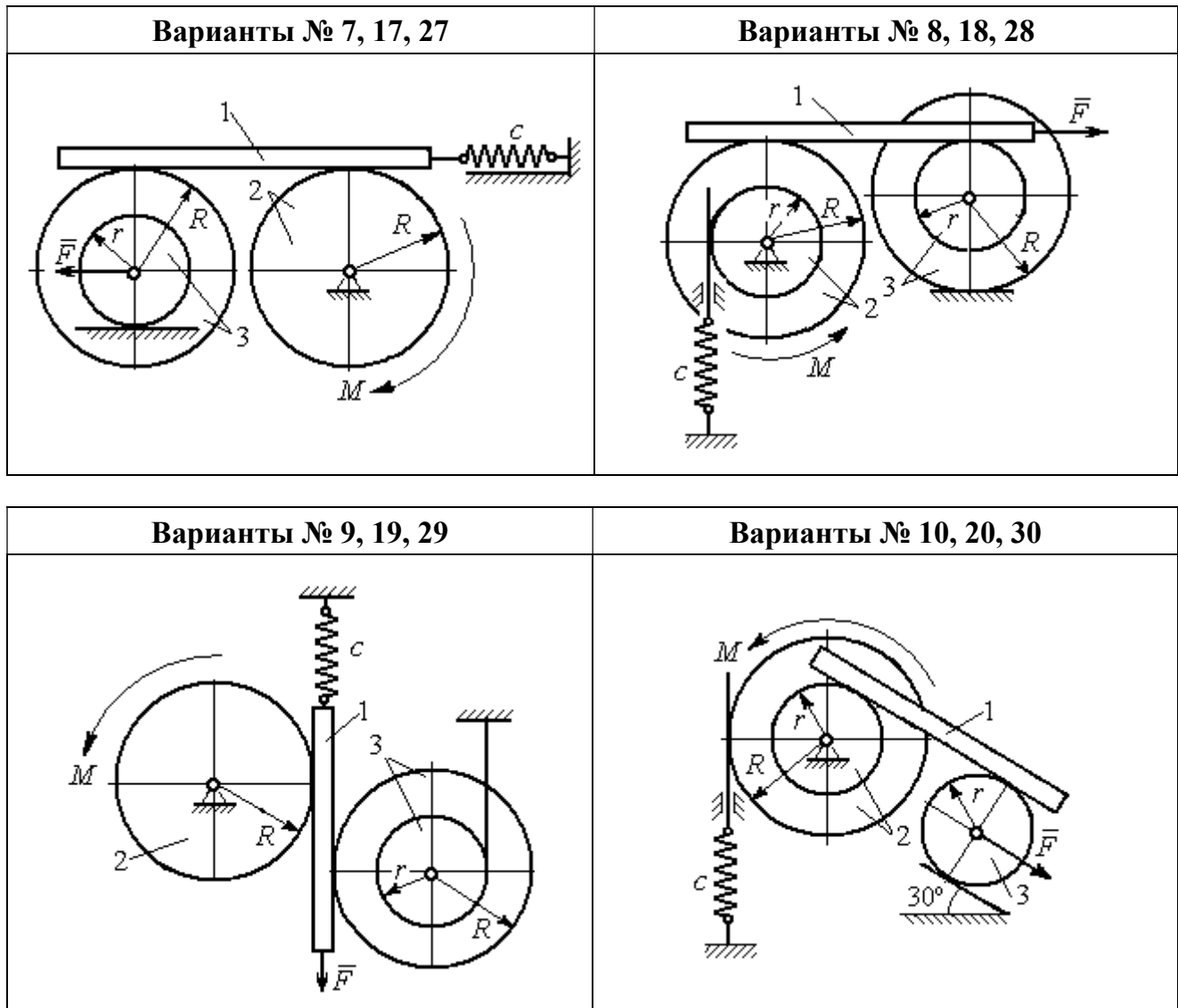


Рис. 6.10. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.2

**Исходные данные задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа**

Номер варианта задания	$P_1, \text{Н}$	$P_2, \text{Н}$	$P_3, \text{Н}$	$F, \text{Н}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	$c, \text{Н/м}$	$\omega_{20}, \text{рад/с}$	$R, \text{м}$	$r, \text{м}$	$i_z, \text{м}$
1	8	12	18	15	3	50	0,3	0,6	0,3	0,4
2	10	8	15	12	5	55	0,4	0,8	0,5	0,6
3	5	18	10	8	4	60	0,2	0,5	0,3	–
4	5	20	12	10	6	70	0,5	0,6	0,5	0,6
5	5	8	16	8	8	65	0,2	0,6	0,3	–

Номер варианта задания	$P_1, \text{Н}$	$P_2, \text{Н}$	$P_3, \text{Н}$	$F, \text{Н}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	$c, \text{Н/м}$	$\omega_{20}, \text{рад/с}$	$R, \text{м}$	$r, \text{м}$	$i_z, \text{м}$
6	8	10	14	6	2	50	0,1	1,0	0,6	0,8
7	10	12	15	12	3	65	0,2	0,8	0,6	0,7
8	12	15	15	6	2	50	0,3	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	4	75	0,1	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	5	12	60	0,4	1,0	0,8	0,9
11	4	10	12	-10	-2	60	0,2	0,8	0,4	0,6
12	5	8	15	-8	3	50	0,5	1,0	0,5	0,7
13	6	15	8	-12	-4	65	0,4	0,6	0,5	-
14	10	25	10	6	10	55	0,1	0,8	0,6	0,7
15	8	6	20	-10	2	70	0,2	1,2	0,6	-
16	10	12	12	-5	6	60	0,3	0,8	0,6	0,7
17	12	16	12	-6	-2	55	0,4	0,9	0,6	0,8
18	10	20	20	10	4	60	0,1	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	-10	6	65	0,2	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	-3	6	50	0,24	1,0	0,6	0,9
21	5	12	15	12	-3	55	0,3	0,6	0,5	0,55
22	10	15	18	6	-2	65	0,1	0,8	0,4	0,6
23	8	20	12	-8	2	45	0,2	0,8	0,6	-
24	12	20	18	-4	-8	70	0,4	0,5	0,3	0,4
25	6	10	15	-6	-2	60	0,1	1,4	0,7	-
26	8	12	10	10	-3	65	0,2	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	5	-3	70	0,2	0,8	0,2	0,6
28	8	12	12	-6	2	65	0,3	0,6	0,3	0,5
29	10	18	20	-10	4	60	0,2	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	8	6	75	0,1	1,0	0,8	0,9

### Пример выполнения задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью  $c$ . Брус, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3 (рис. 6.11). Радиусы ступеней ступенчатого диска  $R$  и  $r$ , радиус однородного диска  $r$ . Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ , силы  $\vec{F}$  и пары сил с моментом  $M$ . Движение катка 3 по неподвижной поверхности происходит без проскальзывания. Скольжение между бруском и дисками отсутствует.

Передача движения от пружины блоку 2 производится посредством невесомого вертикального стержня без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения,  $i_z$ .

Исходные данные задачи:  $P_1 = P$  Н,  $P_2 = 2P$  Н,  $P_3 = P$  Н,  $F = 2P$  Н,  $M = Pr$  Н·м,  $R = 1,5r$  м,  $i_z = r\sqrt{2}$  м,  $c = P/r$  Н/м.

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 при  $P = 10$  Н,  $r = 0,2$  м, если в начальный момент пружина находилась в нерастяннутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость  $\omega_0 = 0,5$  рад/с, направленную в сторону заданного момента пары сил.

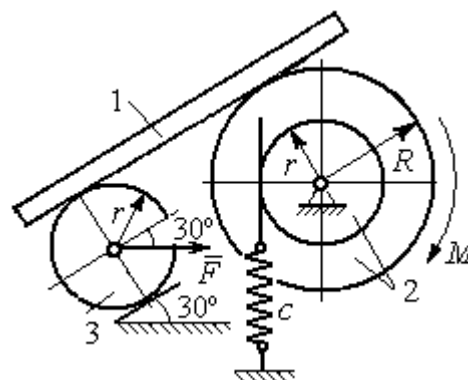


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

### Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.11) имеет одну степень свободы, так как в системе не допускается независимое друг от друга движение тел.

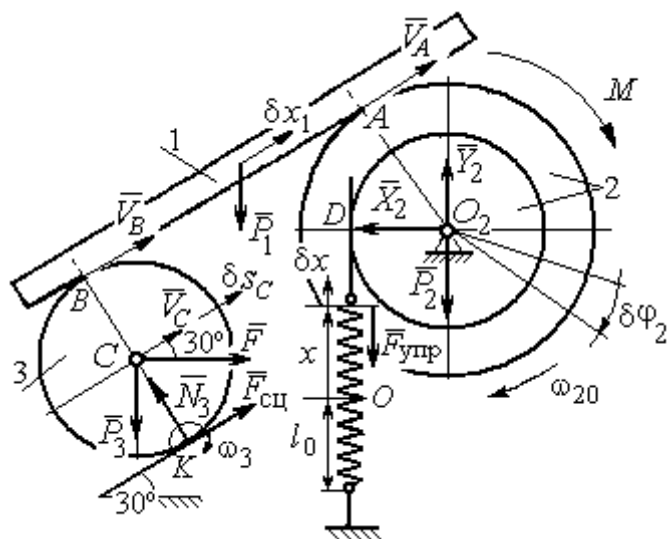


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

В качестве обобщённой координаты  $q$  выберем перемещение  $x$  верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня, при котором пружина длиной  $l_0$  находилась в нерастяннутом состоянии (рис. 6.12). Обобщённая скорость  $\dot{q} = \dot{x}$ .

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы с одной степенью свободы, имеет вид

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x, \text{ где } T -$$



кинетическая энергия системы,  $Q_x$  – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате  $x$ .

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий бруса, блока и катка:  $T = T_1 + T_2 + T_3$ . Кинетическая энергия поступательного движения бруса 1:  $T_1 = \frac{1}{2}m_1V_1^2$ , где  $m_1$ ,  $V_1$  – масса и скорость бруса.

Энергия вращательного движения блока 2:  $T_2 = \frac{1}{2}J_{2z}\omega_2^2$ , где  $\omega_2$  – угловая скорость блока,  $J_{2z}$  – момент инерции блока 2 относительно оси  $z$ ,  $J_{2z} = m_2i_z^2$ .

Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия  $T_3 = \frac{1}{2}m_3V_C^2 + \frac{1}{2}J_{zC}\omega_3^2$ , где  $V_C$  – скорость центра масс катка 3;  $J_{zC}$  – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения,  $J_{zC} = \frac{1}{2}m_3r^2$ ;  $r$  – радиус катка;  $\omega_3$  – угловая скорость катка.

Выразим скорость  $V_1$  бруса 1, угловые скорости  $\omega_2$ ,  $\omega_3$  блока 2 и катка 3, а также скорость  $V_C$  центра масс катка 3 через обобщенную скорость  $\dot{x}$ .

Заметим, что скорость точки  $D$  блока 2 равна скорости верхнего края пружины  $V_D = \dot{x}$ . Угловая скорость блока 2  $\omega_2 = \frac{V_D}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$ . Скорость бруса 1

равна скорости точки  $A$  блока 2 и вычисляется по формуле  $V_1 = V_A = \omega_2 R = \frac{\dot{x}R}{r}$ .

Так как брус совершает поступательное движение, то  $V_B = V_1$ . Угловая скорость

катка 3  $\omega_3 = \frac{V_B}{2r} = \frac{V_1}{2r} = \frac{\dot{x}R}{2r^2}$ . Здесь при определении угловой скорости катка 3

учтено, что точка  $K$  касания катка 3 с неподвижной поверхностью является

мгновенным центром скоростей катка. Скорость центра катка 3  $V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{\dot{x}R}{2r}$ .

Подставляя исходные данные задачи с учётом найденных кинематических соотношений, получим кинетическую энергию тел системы

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 = \frac{P}{2g} \left( \frac{\dot{x}R}{r} \right)^2 = 1,125 \frac{P}{g} \dot{x}^2, \quad T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} (r\sqrt{2})^2 \left( \frac{\dot{x}}{r} \right)^2 = 2 \frac{P}{g} \dot{x}^2,$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left( \frac{\dot{x}R}{2r} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{Pr^2}{2g} \left( \frac{\dot{x}R}{2r^2} \right)^2 = 0,422 \frac{P}{g} \dot{x}^2.$$

Тогда полная кинетическая энергия системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = 3,547 \frac{P}{g} \dot{x}^2.$$

Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой  $x$ , показывающей растяжение пружины. Дадим пружине, находящейся в произвольном положении, возможное (бесконечно малое) перемещение  $\delta x$  в положительном направлении оси  $x$  (см. рис. 6.12). При этом блок 2 повернётся на угол  $\delta\varphi_2$ :  $\delta\varphi_2 = \frac{\delta x}{r}$ , брус 1 переместится на расстояние  $\delta x_1$ :  $\delta x_1 = \frac{\delta x R}{r}$ ,

центр масс катка 3 сдвинется на расстояние  $\delta S_C$ :  $\delta S_C = \frac{\delta x R}{2r}$ . Все перемещения

получены из установленных ранее кинематических соотношений и показаны на рис. 6.12.

При заданном возможном перемещении системы работу совершают силы тяжести  $\vec{P}_1$ ,  $\vec{P}_3$  бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом  $M$ , сила  $\vec{F}$  и сила упругости пружины (см. рис. 6.12). Элементарная работа вращающего момента  $M$ , приложенного к блоку 2, будет  $\delta A(M) = M \delta\varphi_2 = M \frac{\delta x}{r}$ . Работа силы тяжести

бруса 1 определяется равенством  $\delta A(P_1) = P_1 \delta x_1 \cos 120^\circ = -P_1 \delta x_1 \cos 60^\circ = -\frac{P_1 \delta x R}{2r}$ .

Работы силы тяжести катка 3 и силы  $F$ :  $\delta A(P_3) = P_3 \delta S_C \cos 120^\circ = -P_3 \frac{\delta x R}{4r}$ ,

$\delta A(F) = F \frac{\delta x R}{2r} \cos 30^\circ$ . Модуль силы упругости пружины, растянутой из неде-

формированного положения на расстояние  $x$ :  $F_{\text{упр}} = cx$ . Сила  $\vec{F}_{\text{упр}}$  упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние  $\delta x$  вычисляется по формуле  $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}} \delta x \cos 180^\circ = -cx \delta x$ .

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\begin{aligned} \delta A &= \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_3) + \delta A(F) + \delta A(F_{\text{упр}}) = \\ &= M \frac{\delta x}{r} - \frac{P_1 \delta x R}{2r} - P_3 \frac{\delta x R}{4r} + F \frac{\delta x R}{2r} \cos 30^\circ - cx \delta x = P(1,174 - 5x) \delta x, \end{aligned}$$

откуда обобщённая сила  $Q_x = P(1,174 - 5x)$ .

Составим уравнения Лагранжа. Вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенной скорости  $\dot{x}$  и координате  $x$ :  $\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = 7,094 \frac{P}{g} \dot{x}$ ,

$\frac{\partial T}{\partial x} = 0$ . Определим полную производную по времени:  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) = 7,094 \frac{P}{g} \ddot{x}$ . Ре-

зультаты расчетов подставим в уравнения Лагранжа II рода и получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$7,094 \frac{P}{g} \ddot{x} = P(1,174 - 5x), \text{ или при } g = 9,81 \text{ м/с}^2, \quad \ddot{x} + 6,91x = 1,62.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного:  $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$ . Общее решение однородного уравнения имеет вид  $x_{\text{одн}} = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt$ , где  $C_1, C_2$  – произвольные постоянные;  $k$  – круговая частота собственных колебаний пружины,  $k = \sqrt{6,91} = 2,63$  рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы  $x_{\text{частн}} = b$ . Подставив его в уравнение колебаний, получим  $b = 0,23$ . Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид  $x(t) = C_1 \sin 2,63t + C_2 \cos 2,63t + 0,23$ .

Произвольные постоянные  $C_1, C_2$  находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянтом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края)  $x(0) = 0$ . Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени  $\dot{x}(0)$  равна начальной скорости  $V_D(0)$  точки  $D$  блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость  $\omega_{20}$ , то  $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20}r = 0,1$  м/с.

Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при  $t = 0$ , получим  $C_2 = -0,23$ .

Вычисляем скорость движения пружины, взяв производную:  $\dot{x}(t) = 2,63C_1 \cos 2,63t - 2,63C_2 \sin 2,63t$ . Подставляя начальное значение скорости, получим  $C_1 = 0,038$ . Окончательно уравнение движения верхнего края пружин:  $x(t) = 0,038 \sin 2,63t - 0,23 \cos 2,63t + 0,23$  м.

Уравнения колебательных движений бруса 1 и блока 2 найдём из ранее полученных кинематических соотношений:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1,5 x(t) = 0,057 \sin 2,63t - 0,34 \cos 2,63t + 0,34 \text{ м;}$$

$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5 x(t) = 0,19 \sin 2,63t - 1,15 \cos 2,63t + 1,15 \text{ рад.}$$

Амплитуда колебаний бруса  $A = \sqrt{0,057^2 + 0,34^2} = 0,35$  м.

### 6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы

Механическая система, состоящая из четырёх тел, из состояния покоя движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$ , силы  $\vec{F}$  и пары сил с моментом  $M$ . Качение тел во всех случаях происходит без проскальзывания, скольжение грузов по поверхностям – без трения. Радиусы дисков одинаковы и равны  $R$ . Найти уравнения движения системы в обоб-

щённых координатах. Варианты заданий и рекомендуемые обобщённые координаты даны на рис. 6.13, 6.14, варианты исходных данных – в табл. 6.3.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26

Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

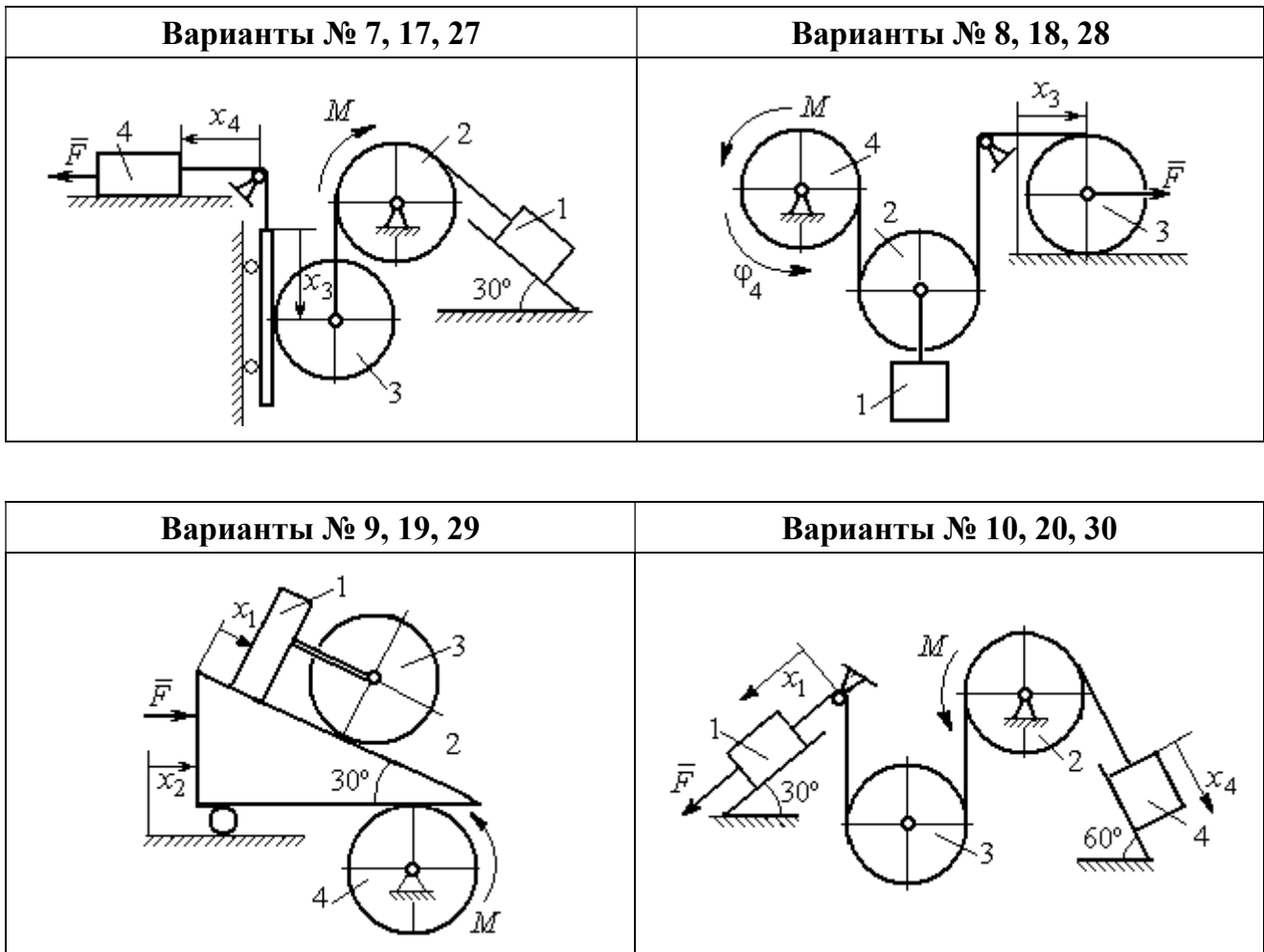


Рис. 6.14. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.3

**Исходные данные задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы**

Номер варианта задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$P_1, Н$	$P$	$2P$	$P$	$1,5P$	$P$	$3P$	$P$	$1,2P$	$3P$	$P$	$2P$	$P$	$P$	$2P$	$P$
$P_2, Н$	$3P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	$P$	$2P$	$3P$	$P$	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	$4P$	$3P$
$P_3, Н$	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	$3P$	$P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	$P$	$2P$
$P_4, Н$	$2P$	$P$	$P$	$2P$	$3P$	$3P$	$P$	$P$	$2P$	$P$	$P$	$P$	$2P$	$2P$	$2P$
$R, м$	$2r$	$1,5r$	$2,5r$	$1,2r$	$2r$	$r$	$1,5r$	$r$	$2r$	$r$	$1,5r$	$1,2r$	$2r$	$2r$	$2r$
$F, Н$	$P$	$2P$	$P$	$3P$	$P$	$P$	$2P$	$4P$	$P$	$2P$	$P$	$2P$	$1,5P$	$4P$	$2P$
$M, Н·м$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$2Pr$

Номер варианта задания	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$P_1, Н$	$4P$	$1,5P$	$P$	$2P$	$P$	$P$	$1,5P$	$1,5P$	$2P$	$P$	$P$	$2P$	$1,2P$	$3P$	$1,2P$
$P_2, Н$	$2P$	$2P$	$2P$	$4P$	$3P$	$4P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	$2P$	$1,2P$	$2P$	$3P$	$2P$
$P_3, Н$	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$P$	$2P$	$3P$	$2P$	$P$	$P$	$3P$
$P_4, Н$	$1,5P$	$2P$	$3P$	$P$	$2P$	$2P$	$2P$	$P$	$2P$	$3P$	$P$	$P$	$2P$	$P$	$2P$
$R, м$	$1,5r$	$r$	$1,5r$	$2r$	$r$	$1,2r$	$2r$	$1,5r$	$2r$	$r$	$1,5r$	$2r$	$r$	$1,2r$	$2r$
$F, Н$	$2P$	$2P$	$P$	$3P$	$4P$	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	$P$	$3P$	$1,5P$	$4P$	$2P$	$3P$
$M, Н·м$	$3Pr$	$2Pr$	$4Pr$	$Pr$	$4Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$

### Пример выполнения задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Платформа 3 лежит горизонтально на катке 5 и блоке 4 одинакового радиуса  $R$  (рис. 6.15). На платформу действует горизонтальная сила  $\vec{F}$ . К блоку 4,

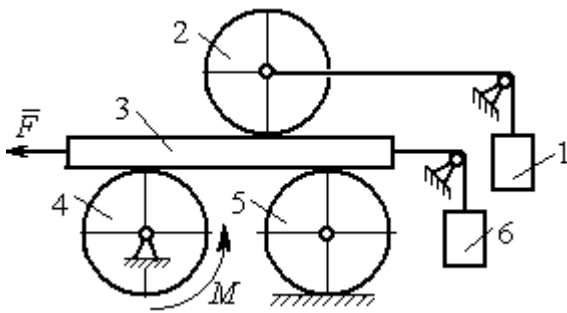


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложена пара сил с моментом  $M$ . Каток 5 катится по горизонтальной поверхности. К краю платформы одним концом прикреплена горизонтальная нить, а к другому концу, переброшенному через невесомый блок, прикреплен груз 6, движущийся вертикально.

На платформе 3 установлен каток 2 радиуса  $R$ . К центру катка прикреплена нить, расположенная параллельно платформе и натянутая грузом 1, движущимся вертикально (см. рис. 6.15). Движение системы началось из состояния покоя. Качение тел без проскальзывания. Определить уравнения движения системы в обобщенных координатах, если  $R = 2r$ , веса тел  $P_1 = P_6 = P$ ,  $P_3 = 3P$ ,  $P_4 = P_5 = P_2 = 2P$ ,  $F = P$ ,  $M = 3Pr$ .

#### Решение

Рассматриваемая механическая система, включающая катки 2, 5, платформу 3, блок 4 и грузы 1, 6, имеет две степени свободы, так как перемещение

катка 2 относительно платформы 3 не зависит от перемещения самой платформы. За обобщенные координаты выберем перемещение  $x_2$  центра масс катка 2 относительно края платформы и перемещение  $x_3$  платформы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.16). Обобщенные скорости – скорость  $\dot{x}_2$  центра масс катка 2 относительно края платформы и скорость платформы  $\dot{x}_3$  относительно неподвижной вертикали. Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} \right) - \frac{\partial T}{\partial x_2} = Q_{x_2}, \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} \right) - \frac{\partial T}{\partial x_3} = Q_{x_3},$$

где  $T$  – кинетическая энергия системы;  $Q_{x_2}$ ,  $Q_{x_3}$  – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел.

Платформа 3 совершает поступательное движение. Кинетическая энергия плат-

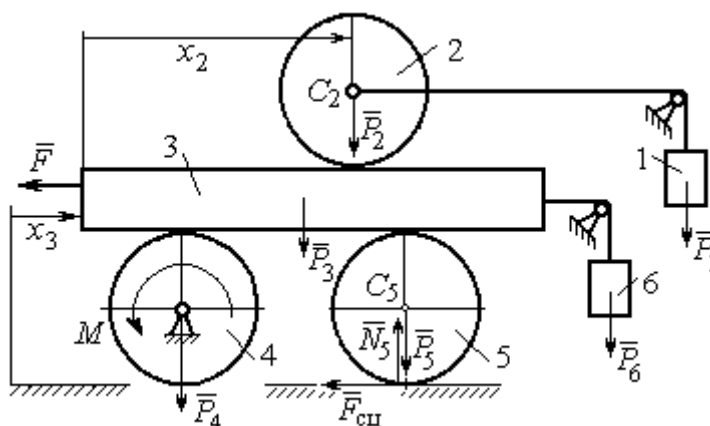


Рис. 6.16. Действующие силы и обобщённые координаты механической системы

формы  $T_3 = \frac{P_3}{2g} V_3^2$ , где  $V_3$  – скорость платформы, причём, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей,  $V_3 = \dot{x}_3$ .

Блок 4 вращается вокруг неподвижной оси. Энергия вращательного движения блока  $T_4 = \frac{1}{2} J_4 \omega_4^2$ , где  $J_4$ ,  $\omega_4$  – осевой момент инерции блока 4 и его угловая скорость. Угловая скорость блока 4  $\omega_4 = \frac{V_3}{R_4} = \frac{\dot{x}_3}{2r}$ .



Каток 5 совершает плоскопараллельное движение, его кинетическая энергия вычисляется по формуле:  $T_5 = \frac{1}{2} \frac{P_5}{g} V_{C_5}^2 + \frac{1}{2} J_5 \omega_5^2$ , где  $J_5$  – момент инерции катка относительно оси вращения, проходящей через его центр масс;  $\omega_5$ ,  $V_{C_5}$  – угловая скорость и скорость центра масс катка 5. Для определения скорости центра масс катка 5 заметим, что точка касания катка с платформой имеет скорость, равную скорости платформы, а точка  $K$  касания катка с неподвижной горизонтальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Следовательно, скорость центра катка равна половине скорости платформы:  $V_{C_5} = \frac{1}{2} V_3 = \frac{1}{2} \dot{x}_3$ . Угловая скорость катка 5  $\omega_5 = \frac{V_3}{2R_5} = \frac{\dot{x}_3}{4r}$  (рис. 6.17, а).

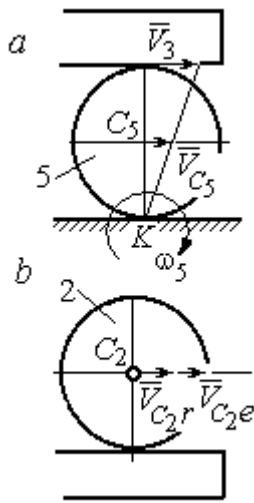


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

При расчёте кинетической энергии катка 2 необходимо учитывать, что каток совершает сложное движение. Качение катка по поверхности платформы является относительным движением, перемещение его вместе с платформой – переносным. Абсолютная скорость  $V_{C_2}$  центра масс катка 2 представляется в виде векторной суммы  $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_{2r}} + \vec{V}_{C_{2e}}$  (рис. 6.17, б), где  $\vec{V}_{C_{2e}}$  – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы,  $V_{C_{2e}} = V_3 = \dot{x}_3$ ;  $\vec{V}_{C_{2r}}$  – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине скорости центра масс катка 2 относительно края платформы,  $V_{C_{2r}} = \dot{x}_2$ . Модуль абсолютной скорости центра масс катка 2 равен сумме  $V_{C_2} = V_{C_{2r}} + V_{C_{2e}} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$  (рис. 6.17, б).

Угловая скорость переносного движения катка 2 равна нулю, поскольку переносное движение катка – это поступательное движение платформы. В результате угловая скорость катка 2 равна его угловой скорости в относительном

движении:  $\omega_2 = \frac{V_{C_2 r}}{R_2} = \frac{\dot{x}_2}{2r}$ . Кинетическая энергия катка 2 рассчитывается по

формуле:  $T_2 = \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} V_{C_2}^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2$ , где  $J_2$  – осевой момент инерции катка 2;  $\omega_2$  –

угловая скорость катка;  $V_{C_2}$  – абсолютная скорость центра масс катка 2.

Движение грузов 1 и 6 поступательное, их кинетические энергии вычисляются по формулам:  $T_1 = \frac{P_1}{2g} V_1^2$ ,  $T_6 = \frac{P_6}{2g} V_6^2$ . При этом скорость груза 1 равна

абсолютной скорости центра катка 2:  $V_1 = V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ , а скорость груза 6 равна

скорости платформы:  $V_6 = V_3 = \dot{x}_3$ .

Выразим кинетическую энергию системы через обобщённые скорости.

Кинетическая энергия:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 = \\ = \frac{P_1}{2g} V_1^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} V_{C_2}^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 + \frac{P_3}{2g} V_3^2 + \frac{1}{2} J_4 \omega_4^2 + \frac{1}{2} \frac{P_5}{g} V_{C_5}^2 + \frac{1}{2} J_5 \omega_5^2 + \frac{P_6}{2g} V_6^2,$$

где значения скоростей:  $V_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ ,  $V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ ,  $\omega_2 = \frac{\dot{x}_2}{2r}$ ,  $V_3 = \dot{x}_3$ ,  $\omega_4 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$ ,

$V_{C_5} = \frac{1}{2} \dot{x}_3$ ,  $\omega_5 = \frac{\dot{x}_3}{4r}$ ,  $V_6 = \dot{x}_3$ . Значения осевых моментов инерции катков:

$J_2 = \frac{P_2 R_2^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$ ,  $J_4 = \frac{P_4 R_4^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$ ,  $J_5 = \frac{P_5 R_5^2}{2g} = \frac{4Pr^2}{g}$ . Подставляя значения

скоростей, моментов инерции и данные задачи, получим выражение кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{P}{2g} (\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} (\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{4Pr^2}{g} \left( \frac{\dot{x}_2}{2r} \right)^2 + \frac{3P}{2g} \dot{x}_3^2 + \\ + \frac{1}{2} \cdot \frac{4Pr^2}{g} \left( \frac{\dot{x}_3}{2r} \right)^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left( \frac{\dot{x}_3}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{4Pr^2}{g} \left( \frac{\dot{x}_3}{4r} \right)^2 + \frac{P}{2g} \dot{x}_3^2 = \\ = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \dot{x}_2^2 + \frac{3P}{2g} (\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{23P}{8g} \dot{x}_3^2 = \frac{2P}{g} \dot{x}_2^2 + \frac{3P}{g} \dot{x}_2 \dot{x}_3 + \frac{35P}{8g} \dot{x}_3^2.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате  $x_3$ , оставляя координату  $x_2$  без изменения:  $\delta x_3 > 0, \delta x_2 = 0$  (рис. 6.18). При таком перемещении каток 2 стоит на платформе и движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести  $\vec{P}_2, \vec{P}_5, \vec{P}_3$  катков 2, 5 и платформы 3 равна нулю, так как перемещения точек приложения этих сил перпендикулярны векторам

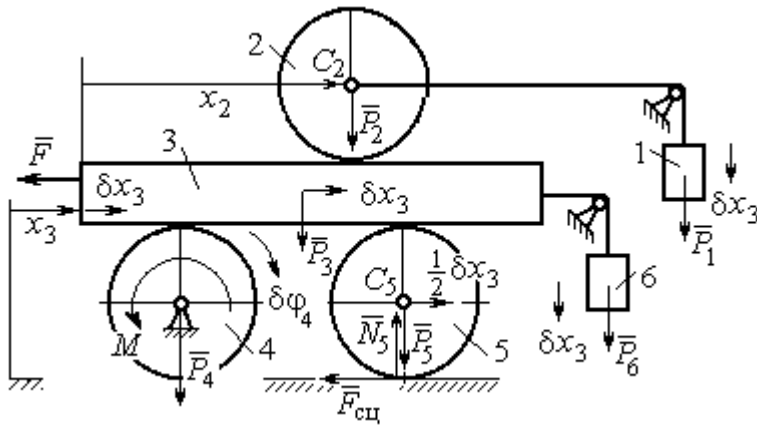


Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат  $\delta x_3 > 0, \delta x_2 = 0$

сил (см. рис. 6.18). Работа силы тяжести  $\vec{P}_4$  равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4.

Работу будут производить сила  $\vec{F}$ , пара сил с моментом  $M$  и силы тяжести грузов  $\vec{P}_1$  и  $\vec{P}_6$ . Суммарная работа сил на перемещении  $\delta x_3$ :  $\delta A = -F\delta x_3 - M\delta\varphi_4 + P_1\delta x_3 + P_6\delta x_3$ .

Представим полученное ранее соотношение  $\omega_4 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$  в дифференциальном виде:  $d\varphi_4 = \frac{dx_3}{2r}$ . Поскольку дифференциалы координат также являются возможными перемещениями, получим нужное соотношение  $\delta\varphi_4 = \frac{\delta x_3}{2r}$ . Теперь элементарную работу сил на возможном перемещении  $\delta x_3$  с учётом значений сил можно представить в виде:

$$\delta A = -P\delta x_3 - 3Pr \frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = -\frac{1}{2}P\delta x_3,$$

отсюда обобщённая сила, соответствующая координате  $x_3$ :  $Q_{x_3} = -\frac{1}{2}P$ .

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате  $x_2$ , оставляя координату  $x_3$  без изменения:  $\delta x_2 > 0, \delta x_3 = 0$  (рис. 6.19).

При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 2, который катится по поверхности неподвижной платформы, и груза 1, который опускается вертикально вниз. Работу совершает только сила тяжести груза 1. Выражая работу в виде  $\delta A = P_1 \delta x_2 = P \delta x_2$ , найдём обобщённую силу, соответствующую координате  $x_2$ :  $Q_{x_2} = P$ .

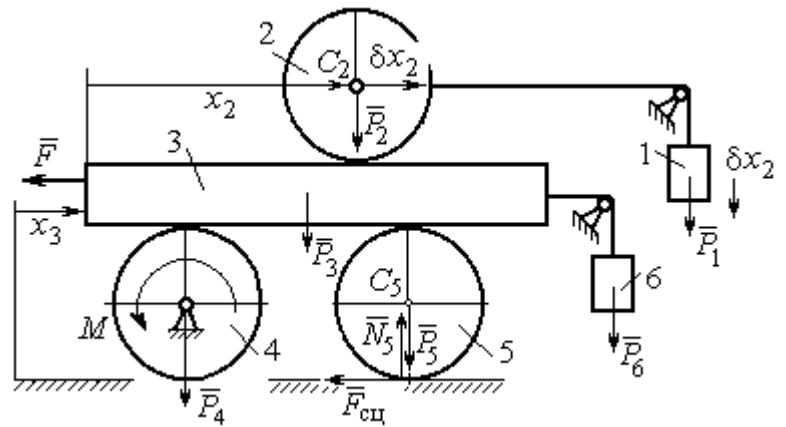


Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат  $\delta x_2 > 0$ ,  $\delta x_3 = 0$

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям  $\dot{x}_3$  и  $\dot{x}_2$ :

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = \frac{3P}{g} \dot{x}_2 + \frac{35P}{4g} \dot{x}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = \frac{4P}{g} \dot{x}_2 + \frac{3P}{g} \dot{x}_3$$

и по обобщённым координатам:  $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$

Определим полные производные по времени от частных производных кинетической энергии по скоростям:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} \right) = \frac{3P}{g} \ddot{x}_2 + \frac{35P}{4g} \ddot{x}_3, \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} \right) = \frac{4P}{g} \ddot{x}_2 + \frac{3P}{g} \ddot{x}_3.$$

Подставляя результаты расчётов в уравнения Лагранжа с учётом вычисленных значений обобщённых сил, получим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в обобщённых координатах:

$$12\ddot{x}_2 + 35\ddot{x}_3 = -2g, \quad 4\ddot{x}_2 + 3\ddot{x}_3 = g.$$

Алгебраическим решением системы служат значения ускорений:

$$\ddot{x}_3 = -\frac{5}{26}g = -0,19g \quad \text{и} \quad \ddot{x}_2 = \frac{41}{104}g = 0,39g.$$

Полученные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, проинтегрировав которые дважды с нулевыми начальными условиями (движение началось из состояния покоя), найдём уравнения абсолютного движения платформы и относительного движения центра масс катка 2:

$$x_3 = -0,095gt^2, \quad x_2 = 0,195gt^2.$$

Отрицательное значение координаты  $x_3$  означает, что движение платформы происходит в отрицательном направлении оси  $x_3$  (см. рис. 6.16).

Абсолютное движение центра катка 2 представляется суммой относительного и переносного движений:  $x_{C_2} = x_2 + x_3 = 0,1gt^2$ .

Уравнение вращательного движения катка 2 находится на основании выражения  $\varphi_2 = \frac{1}{R_2}x_2 = \frac{1}{2r}x_2 = 0,097\frac{gt^2}{r}$ . Вращение блока 4 описывается уравне-

нием  $\varphi_4 = \frac{1}{R_4}x_3 = \frac{1}{2r}x_3 = -0,047\frac{gt^2}{r}$ .

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка  $x_{C_5} = \frac{1}{2}x_3 = -0,047gt^2$  и уравнением вращательного

движения катка  $\varphi_5 = \frac{x_3}{2R_5} = -0,024\frac{gt^2}{r}$ .

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

*Бутенин Н. В., Луиц Я. Л., Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: в 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

*Вебер Г. Э., Ляцев С. А.* Лекции по теоретической механике. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

*Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики: учебн. для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков  
Юрий Михайлович Казаков

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*сборник заданий для расчетно-графических работ*

Учебно-методическое пособие  
для самостоятельной работы студентов

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Подписано в печать

Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.  
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Печ. л. 9,75 Уч. изд. л. 6,5 Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
Уральский государственный горный университет.

Отпечатано с оригинал-макета  
в лаборатории множительной техники УГГУ

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ.....	73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки.....	73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки....	73
4.3. Колебания материальной точки .....	80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки .....	84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки.....	95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии .....	96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы. 103	
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы .....	104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. ....	112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии .....	114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА .....	124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики.....	124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики .....	126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода .....	136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа .....	137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы	145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	155



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

### ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

квалификация выпускника: **специалист**

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Дружинин А.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

(название факультета)

Председатель

(подпись)

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург  
2021

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалитета по направлению подготовки 21.05.04 – «Горное дело» при организации самостоятельной работы по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы в виде реферата, требования к его оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

### Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата студент может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учиться лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: **«реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;

- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Студент для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

### Выбор темы реферата

Студенту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем студенту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом

следует сразу же составлять библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

### **Формулирование цели и составление плана реферата**

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

**Цель** – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).

1.1. (полное название параграфа, пункта);

1.2. (полное название параграфа, пункта).

2. (полное наименование главы).

2.1. (полное название параграфа, пункта);

2.2. (полное название параграфа, пункта).

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

**Титульный лист** оформляется в соответствии с Приложением.

**Оглавление** (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

**Введение.** В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

**Основная часть** реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

**Заключение** (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме, рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

**Библиография** (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

**Приложения** могут включать графики, таблицы, расчеты.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА**

### **Общие требования к оформлению реферата**

Рефераты, как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и поправки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется студентом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

### **Таблицы**

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что...», «таблица позволяет заключить, что...» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например, «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например, «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте реферата должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например, «...в табл. 2.2».

### Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (-), умножения (x) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей реферата или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «...в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

### Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

**Схема** – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

**Диаграмма** – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

**График** – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «...на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

### **Приложения**

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «...в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

### **Библиографический список**

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

**Статья одного, двух или трех авторов из журнала**

*Зотова Л. А., Еременко О. В.* Инновации как объект государственного регулирования // *Экономист*. 2010. № 7. С. 17–19.

### **Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами**

*Валютный курс и экономический рост* / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

### **Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами**

*Олейник А. Н.* Институциональная Горное дело: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2011. 416 с.

### **Книга, написанная более чем тремя авторами**

*Экономическая теория: учебник* / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

### **Сборники**

*Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей.* Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

### **Статья из сборника**

*Данилов А. Г.* Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

### **Статья из газеты**

*Крашаков А. С.* Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

## **Библиографические ссылки**

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

### **Пример оформления затекстовой ссылки**

Ссылка в тексте: «Под трансакцией понимается обмен какими-либо благами, услугами или информацией между двумя агентами» [10, С. 176].

В списке использованных источников:

10. *Сухарев О. С.* Институциональная Горное дело: учебник и практикум для специалитета и магистратуры /О.С. Сухарев. М.: Издательство Юрайт, 2016. 501 с.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА**

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.

2. Ответы студента на вопросы преподавателя.

3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

### **Советы студенту:**

• Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.

• Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).



- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.

- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.

- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.

- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.

- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.

- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!

- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.

- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.

- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## **ТЕМЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)**

1. Хост-компьютеры.
2. Локальные сети и персональные компьютеры.
3. Каналы связи.
4. Хранение и предоставление доступа к информации.
5. Управление передачей сообщений.
6. Каналы связи, обеспечивающие взаимодействие между хост-компьютерами.
7. Обмен информацией между абонентами сети.
8. Использование баз данных сети.
9. Классификация прикладного программного обеспечения.
10. Пакеты прикладных программ.
11. Методо-ориентированные пакеты.
12. Системы реального времени.
13. Офисные приложения.
14. Инструменты электронных таблиц для решения экономических задач.
15. Классификация баз данных (БД).
16. Системы управления базами данных (СУБД). Классификация СУБД.
17. Локальные и глобальные сети. Intranet и Internet. Сетевые службы.
18. Поиск системы: Яндекс, Rambler, Google, ПОИСК@mail.ru.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

### Проверяемые компетенции: ОПК-5

#### *Знать:*

- офисные приложения;
- основы создания баз данных;
- принципы работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

#### *Уметь:*

- использовать офисные приложения;
- создавать базы данных средствами офисных приложений;
- использовать электронную почту и другие средства коммуникаций с помощью Интернета.

#### *Владеть:*

- инструментарием офисных приложений;
- технологией разработки баз данных;
- навыками работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

### **Критерии оценивания:**

достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);

уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);

личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);

культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);

знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;

степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);

использование профессиональной терминологии;

использование литературных источников.

### **Правила оценивания:**

Каждый показатель оценивается в 1 балл

### **Критерии оценки:**

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»;

7-8 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»;

5-6 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;

0-4 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

**Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра информатики

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (РЕФЕРАТ)**

по дисциплине  
«Прикладное программное обеспечение»

на тему:

**УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧЕЙ СООБЩЕНИЙ**

**Руководитель:**  
Дружинин А.В.  
**Студент** гр. Х-20  
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Специальность  
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация  
***Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых***

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики  
*(название кафедры)*

Зав. кафедрой

*(подпись)*

Дружинин А.В.  
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 16.09.2021

*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией

*(название факультета)*

Председатель

*(подпись)*

Бондарев В.И.  
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 2 от 07.10.2021

*(Дата)*

Екатеринбург

## Оглавление

ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП.....	3
Тема 1.1 Введение в предмет. Понятие ППП.....	4
Тема 1.2 Структура и основные компоненты ППП.....	10
Тема 1.3 Эволюция ППП. Примеры современных ППП.....	13
ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE.....	22
Тема 2.1 Структура и состав MS Office. Основные приложения .....	23
Тема 2.2 Введение в офисное программирование.....	29
Тема 2.3 Макросы. Использование макрорекордера.....	34
Тема 2.4 Среда разработки VBA.....	38

## **ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП**

### **ТЕМА 1.1 ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ. ПОНЯТИЕ ППП**

#### **Цели и задачи дисциплины**

- Изучение основных принципов, используемых в разработке интегрированных программных продуктов.
- Изучение структуры, состава и назначения компонентов интегрированного ПО, а также средств организации взаимодействия между компонентами и инструментальных средств расширения функциональности.
- Формирование навыков работы со средствами автоматизации решения прикладных задач.
- Формирование навыков использования встроенных средств разработки.
- Требования к уровню освоения дисциплины
- В результате изучения дисциплины студенты должны:
- знать принципы построения прикладных информационных систем
- уметь использовать современные программные средства для обработки разнородной информации;
- уметь автоматизировать процесс решения прикладных задач с помощью встроенных языков программирования;
- иметь представление о современном состоянии и тенденциях развития рынка прикладного ПО.

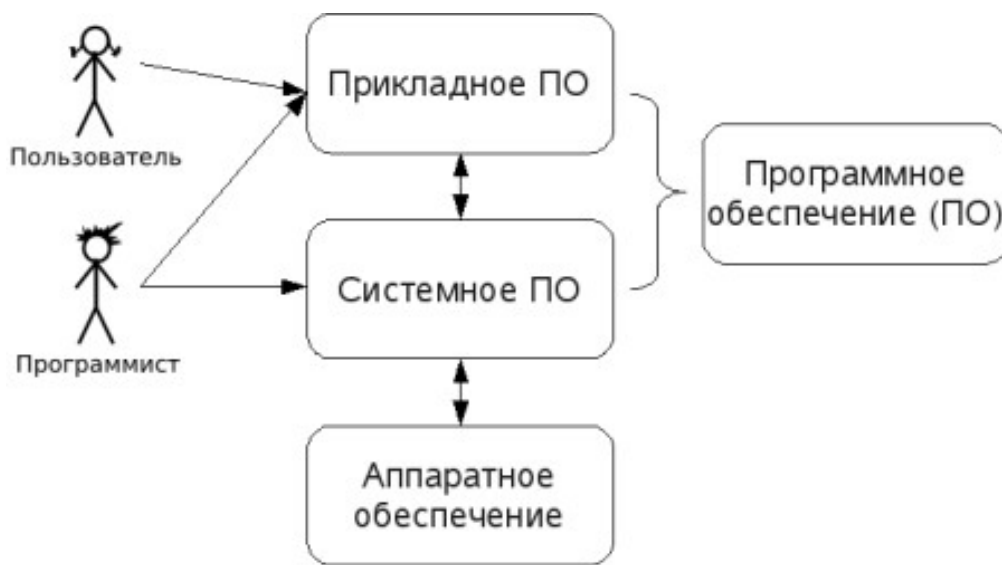
#### **Основные понятия и определения**

Информационная система (ИС) - организационно упорядоченная совокупность документов (массивов документов) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы. Информационные системы предназначены для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и представления информации.

Автоматизированная (информационная) система (АС) - совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения и/или управления данными и ин-

формацией и производства вычислений и управляемая человеком-оператором (в этом главное отличие автоматизированной системы от автоматической).

Многоуровневое представление ИС - модель представления информационной системы в виде совокупности взаимосвязанных уровней, разделенных по функциональному назначению (рис. 1).



*Рис. 1. Многоуровневое представление информационных систем.*

Аппаратное обеспечение ИС - комплекс электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав информационной системы или сети.

Программное обеспечение (ПО) — совокупность программ и данных, предназначенных для решения определенного круга задач и хранящиеся на машинных носителях.

Программа — последовательность формализованных инструкций, представляющих алгоритм решения некоторой задачи и предназначенная для исполнения устройством управления вычислительной машины. Инструкции программы записываются при помощи машинного кода или специальных языков программирования. В зависимости от контекста термин «программа» может относиться к исходным текстам, при помощи которых записывается алгоритм, или к исполняемому машинному коду.

Программист - специалист, занимающийся разработкой и проверкой программ. Различают системных и прикладных программистов.

Пользователь - человек, принимающий участие в управлении объектами и системами некоторой предметной области и являющийся составным элементом автоматизированной системы.

Прикладное программное обеспечение - программное обеспечение, ориентированное на конечного пользователя и предназначенное для решения пользовательских задач.

Прикладное ПО состоит из:

- отдельных прикладных программ и пакетов прикладных программ, предназначенных для решения различных задач пользователей;
- автоматизированных систем, созданных на основе этих пакетов.

Пакет прикладных программ - комплект программ, предназначенных для решения задач из определенной проблемной области. Обычно применение пакета прикладных программ предполагает наличие специальной документации: лицензионного свидетельства, паспорта, инструкции пользователя и т.п.

### **Классификация программного обеспечения**

Любая классификация подразумевает выбор некоторого группировочного признака (или нескольких), на основании которого и производится отнесение объектов к тому или иному классу. Так, при классификации программного обеспечения по способу распространения можно выделить следующие категории (список не полный):

- Commercial Software - коммерческое (с ограниченными лицензией возможностями на использование), разрабатываемое для получения прибыли.
- Freeware - свободное ПО, распространяемое без ограничений на использование, модификацию и распространение.
- Shareware - условно-бесплатное ПО, с частичными ограничениями при работе в ознакомительном режиме (например, определенное количество запусков программы).
- Abandonware - «заброшенное» ПО, поддержка которого непосредственным разработчиком прекращена, но продолжается третьими лицами (например, партнерами или энтузиастами).
- Adware - ПО, в код которого включены рекламные материалы. Такое ПО распространяется бесплатно, но для отключения рекламных блоков необходима оплата.
- Careware - «благотворительное» ПО, оплату за которое разработчик (или распространитель) просит переводить на благотворительные нужды.

При классификации программного обеспечения по назначению в качестве критерия используют уровень представления ИС, на который ориентирована та или иная программа.

Соответственно выделяют следующие классы ПО:



1. Системное ПО - решает задачи общего управления и поддержания работоспособности системы в целом. К этому классу относят операционные системы, менеджеры загрузки, драйверы устройств, программные кодеки, утилиты и программные средства защиты информации.
2. Инструментальное ПО включает средства разработки (трансляторы, отладчики, интегрированные среды, различные SDK и т.п.) и системы управления базами данных (СУБД).
3. Прикладное ПО - предназначено для решения прикладных задач конечными пользователями.

Прикладное ПО - самый обширный класс программ, в рамках которого возможна дальнейшая классификация, например, по предметным областям. В этом случае группировочным признаком является класс задач, решаемых программой. Приведем несколько примеров:

- Офисные приложения - предназначены для автоматизации офисной деятельности (текстовые редакторы и процессоры, электронные таблицы, редакторы презентаций и т.п.)
- Корпоративные информационные системы - бухгалтерские программы, системы корпоративного управления, системы управления проектами (Project Management), инструменты автоматизации документооборота (EDM-системы) и управления архивами документов (DWM-системы)
- Системы проектирования и производства - системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD/CAM-системы), системы управления технологическими (SCADA) и производственными (MES) процессами
- Научное ПО - системы математического и статистического расчета, анализа и моделирования
- Геоинформационные системы (ГИС)
- Системы поддержки принятия решений (СППР)
- Клиенты доступа к сетевым сервисам (электронная почта, веб-браузеры, передача сообщений, чат-каналы, клиенты файлообменных сетей и т.п.)
- Мультимедийное ПО - компьютерные игры, средства просмотра и редактирования аудио- и видеоинформации, графические редакторы и вьюеры, анимационные редакторы и т.п.

С точки зрения конечного пользователя такая классификация оправданна и наглядна, для разработчика же более значимым фактором является структура прикладной программы, в общем случае состоящей из нескольких компонентов. Назначение этих компонентов, связи между ними и способность к взаимодействию определяют интеграцию прикладного ПО. Чем теснее связаны программные компоненты, тем выше степень интеграции.

В зависимости от степени интеграции многочисленные прикладные программные средства можно классифицировать следующим образом<sup>1</sup>:

1. отдельные прикладные программы;
2. библиотеки прикладных программ;
3. пакеты прикладных программ;
4. интегрированные программные системы.

Отдельная прикладная программа пишется, как правило, на некотором высокоуровневом языке программирования (Pascal, Basic и т.п.) и предназначается для решения конкретной прикладной задачи. Такая программа может быть реализована в виде набора модулей, каждый из которых выполняет некоторую самостоятельную функцию (например, модуль пользовательского интерфейса, модуль обработки ошибок, модуль печати и т.п.).

При этом доступ к функциям модулей из внешних программ невозможен.

Библиотека представляет собой набор отдельных программ, каждая из которых решает некоторую прикладную задачу или выполняет определенные вспомогательные функции (управление памятью, обмен с внешними устройствами и т.п.). Библиотеки программ зарекомендовали себя эффективным средством решения вычислительных задач. Они интенсивно используются при решении научных и инженерных задач с помощью ЭВМ.

Условно их можно разделить на библиотеки общего назначения и специализированные библиотеки.

Пакет прикладных программ (ППП) - это комплекс взаимосвязанных программ, ориентированный на решение определенного класса задач. Формально такое определение не исключает из числа пакетов и библиотеки программ, однако у ППП, как отдельной категории, есть ряд особенностей, среди которых: ориентация на решение классов задач, унифицированный интерфейс, наличие языковых средств.

---

<sup>1</sup> Следует отметить отсутствие безусловных границ между перечисленными формами прикладного программного обеспечения

Интегрированная программная система - это комплекс программ, элементами которого являются различные пакеты и библиотеки программ. Примером служат системы автоматизированного проектирования, имеющие в своем составе несколько ППП различного назначения. Часто в подобной системе решаются задачи, относящиеся к различным классам или даже к различным предметным областям.

### **Понятие пакета прикладных программ**

Итак, пакет прикладных программ (ППП) – это комплекс взаимосвязанных программ для решения определенного класса задач из конкретной предметной области. На текущем этапе развития информационных технологий именно ППП являются наиболее востребованным видом прикладного ПО. Это связано с упомянутыми ранее особенностями ППП. Рассмотрим их подробнее:

- Ориентация на решение класса задач. Одной из главных особенностей является ориентация ППП не на отдельную задачу, а на некоторый класс задач, в том числе и специфичных, из определенной предметной области. Так, например, офисные пакеты ориентированы на офисную деятельность, одна из задач которой - подготовка документов (в общем случае включающих не только текстовую информацию, но и таблицы, диаграммы, изображения). Следовательно, офисный пакет должен реализовывать функции обработки текста, представлять средства обработки табличной информации, средства построения диаграмм разного вида и первичные средства редактирования растровой и векторной графики.
- Наличие языковых средств. Другой особенностью ППП является наличие в его составе специализированных языковых средств, позволяющих расширить число задач, решаемых пакетом или адаптировать пакет под конкретные нужды. Пакет может представлять поддержку нескольких входных языков, поддерживающих различные парадигмы. Поддерживаемые языки могут быть использованы для формализации исходной задачи, описания алгоритма решения и начальных данных, организации доступа к внешним источникам данных, разработки программных модулей, описания модели предметной области, управления процессом решения в диалоговом режиме и других целей. Примерами входных языков ППП являются VBA в пакете MS Office, AutoLISP/VisualLISP в Autodesk AutoCAD, StarBasic в OpenOffice.org

- Единообразии работы с компонентами пакета. Еще одна особенность ППП состоит в наличии специальных системных средств, обеспечивавших унифицированную работу с компонентами. К их числу относятся специализированные банки данных, средства информационного обеспечения, средства взаимодействия пакета с операционной системой, типовой пользовательский интерфейс и т.п.

•

## ТЕМА 1.2 СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ППП

Несмотря на разнообразие конкретных пакетных разработок, их обобщенную внутреннюю структуру можно представить в виде трех взаимосвязанных элементов<sup>1</sup> (рис. 2):

1. входной язык (макроязык, язык управления) - представляет средство общения пользователя с пакетом;
2. предметное обеспечение (функциональное наполнение) - реализует особенности конкретной предметной области;
3. системное обеспечение (системное наполнение) - представляет низкоуровневые средства, например, доступ к функциям операционной системы.

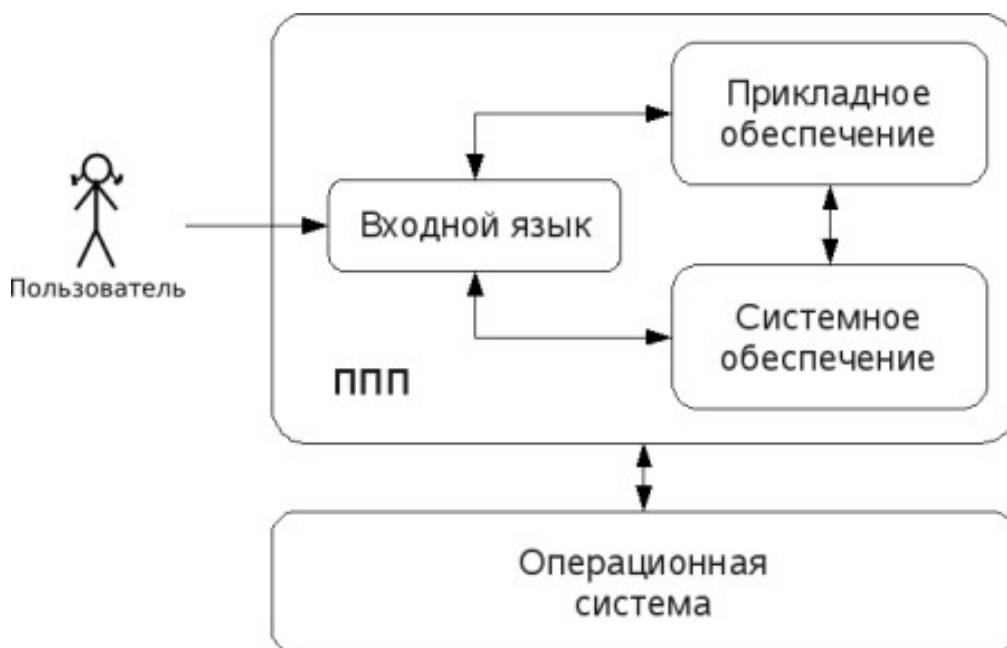


Рис. 2. Структура ППП.

Входной язык - основной инструмент при работе пользователя с пакетом прикладных программ. В качестве входного языка могут использоваться как универсальные (Pascal, Basic и

т.п.), так и специализированные, проблемно-ориентированные языки программирования (Cobol - для бизнес-приложений, Lisp - списочные структуры данных, Fortran и MathLAB - математические задачи и т.п.).

Развитый пакет может обладать несколькими входными языками, предназначенными для выполнения различных функций в рамках решаемого класса задач. Так, например, в пакете OpenOffice.org поддерживаются языки StarBasic, Python, JavaScript и Java. StarBasic является основным входным языком, предназначенным для автоматизации работы с пакетом, для этого языка имеется интегрированная среда разработки и встроенный отладчик. Скрипты на языках Python и JavaScript загружаются и исполняются из внешних файлов. На Java (через SDK и функции API OpenOffice) можно создавать модули расширения и полнофункциональные приложения-компоненты.

Входные языки отражают объем и качество предоставляемых пакетом возможностей, а также удобство их использования. Таким образом, именно входной язык является основным показателем возможностей ППП. Однако стоит отметить, что в современных пакетах обращение пользователя к языковым средствам обычно происходит косвенно, через графический интерфейс.

Предметное обеспечение отражает особенности решаемого класса задач из конкретной предметной области и включает:

- программные модули, реализующие алгоритмы (или их отдельные фрагменты) прикладных задач;
- средства сборки программ из отдельных модулей.

Наиболее распространено в настоящее время оформление программных модулей в виде библиотек, подключаемых статически или динамически. В зависимости от использованного разработчиками подхода к проектированию и реализации ППП такие библиотеки содержат встроенные классы и описания их интерфейсов (при использовании объектно-ориентированного программирования). При использовании парадигмы структурного программирования в библиотечных модулях содержатся процедуры и функции, предназначенные для решения некоторых самостоятельных задач. В обоих случаях библиотеки связаны с другими модулями пакета лишь входной и выходной информацией.

Системное обеспечение представляет собой совокупность низкоуровневых средств (программы, файлы, таблицы и т.д.), обеспечивающих определенную дисциплину работы

пользователя при решении прикладных задач и формирующего окружение пакета. К системному обеспечению ППП относят следующие компоненты:

- монитор - программа, управляющая взаимодействием всех компонентов ППП;
- транслятор(ы) с входных языков - для ППП характерно использование интерпретируемых языков;
- средства доступа к данным - драйверы баз данных и/или компоненты, представляющие доступ через унифицированные интерфейсы (ODBC, JDBC, ADO, BDE и т.п.);
- информационно-справочный модуль - предоставляет функции поддержки, среди которых информационные сообщения, встроенная справочная системы и т.п.

различные служебные программы, выполняющие низкоуровневые операции (автосохранение, синхронизация совместно используемых файлов и т.д.)

Приведенная логическая структура ППП достаточна условна и в конкретном ППП может отсутствовать четкое разделение программ на предметное и системное обеспечение. Например, программа планирования вычислений, относящаяся к прикладному обеспечению, может одновременно выполнять и ряд служебных функций (информационное обеспечение, связь с операционной системой и т.п.).

Кроме того, одни и те же программы в одном пакете могут относиться к предметному обеспечению, а в другом - к системному. Так, программы построения диаграмм в рамках специализированного пакета машинной графики естественно отнести к предметному обеспечению. Однако те же программы следует считать вспомогательными и относящимися к системному обеспечению, например, в пакете решения вычислительных задач.

## **ТЕМА 1.3 ЭВОЛЮЦИЯ ППП. ПРИМЕРЫ СОВРЕМЕННЫХ ППП**

### **Этапы развития ППП**

Первые ППП представляли собой простые тематические подборки программ для решения отдельных задач в той или иной прикладной области, обращение к ним выполнялось с помощью средств оболочки ОС или из других программ. Современный пакет является сложной программной системой, включающей специализированные системные и языковые средства. В относительно короткой истории развития вычислительных ППП можно выделить *4 основных поколения* (класса) пакетов. Каждый из этих классов характеризуется определенными

особенностями входящих состав ППП компонентов - входных языков, предметного и системного обеспечения.

### **Первое поколение**

В качестве входных языков ППП первого поколения использовались универсальные языки программирования (Фортран, Алгол-60 и т.п.) или языки управления заданиями соответствующих операционных систем. Проблемная ориентация входных языков достигалась за счет соответствующей мнемоники в идентификаторах. Составление заданий на таком языке практически не отличалось от написания программ на алгоритмическом языке.

Предметное обеспечение первых ППП, как правило, было организовано в форме библиотек программ, т.е. в виде наборов (пакетов) независимых программ на некотором базовом языке программирования (отсюда впервые возник и сам термин «пакет»). Такие ППП иногда называют *пакетами библиотечного типа*, или *пакетами простой структуры*.

В качестве системного обеспечения пакетов первого поколения обычно использовались штатные компоненты программного обеспечения ЭВМ: компиляторы с алгоритмических языков, редакторы текстов, средства организации библиотек программ, архивные системы и т.д. Эти пакеты не требовали сколько-нибудь развитой системной поддержки, и для их функционирования вполне хватало указанных системных средств общего назначения. В большинстве случаев разработчиками таких пакетов были прикладные программисты, которые пытались приспособить универсальные языки программирования к своим нуждам.

### **Второе поколение**

Разработка ППП второго поколения осуществлялась уже с участием системных программистов. Это привело к появлению специализированных входных языков на базе универсальных языков программирования. Проблемная ориентация таких языков достигалась не только за счет использования определенной мнемоники, но также применением соответствующих языковых конструкций, которые упрощали формулировку задачи и делали ее более наглядной. Транслятор с такого языка представлял собой препроцессор (чаще всего макропроцессор) к транслятору соответствующего алгоритмического языка.

В качестве модулей в пакетах этого класса стали использоваться не только программные единицы (т.е. законченные программы на том или ином языке программирования), но и такие объекты, как последовательность операторов языка программирования, совокупность данных, схема счета и др.

Существенные изменения претерпели также принципы организации системного обеспечения ППП. В достаточно развитых пакетах второго поколения уже можно выделить элементы системного обеспечения, характерные для современных пакетов: монитор, трансляторы с входных языков, специализированные банки данных, средства описания модели предметной области и планирования вычислений и др.

### **Третье поколение**

Третий этап развития ППП характеризуется появлением самостоятельных входных языков, ориентированных на пользователей-непрограммистов. Особое внимание в таких ППП уделяется системным компонентам, обеспечивающим простоту и удобство. Это достигается главным образом за счет специализации входных языков и включения в состав пакета средств автоматизированного планирования вычислений.

### **Четвертое поколение**

Четвертый этап характеризуется созданием ППП, эксплуатируемых в интерактивном режиме работы. Основным преимуществом диалогового взаимодействия с ЭВМ является возможность активной обратной связи с пользователем в процессе постановки задачи, ее решения и анализа полученных результатов. Появление и интенсивное развитие различных форм диалогового общения обусловлено прежде всего прогрессом в области технических средств (графическая подсистема ЭВМ и средства мультимедиа, сетевые средства). Развитие аппаратного обеспечения повлекло за собой создание разнообразных программных средств поддержки диалогового режима работы (диалоговые операционные системы, диалоговые пакеты программ различного назначения и т. д.).

Прикладная система состоит из *диалогового монитора* - набора универсальных программ, обеспечивающих ведение диалога и обмен данными, и базы знаний об области. Информация о структуре, целях и форма диалога задает сценарий, в соответствии с которым монитор управляет ходом диалога. Носителями процедурных знаний о предметной области являются прикладные модули, реализующие функции собственной системы. Таким образом, создание прикладной системы сводится к настройке диалогового монитора на конкретный диалог, путем заполнения базы знаний. При этом программировать в традиционном смысле этого слова приходится лишь прикладные модули, знания о диалоге вводятся в систему с помощью набора соответствующих средств - редактора сценариев. Логично требовать, чтобы редактор сценариев также представлял собой диалоговую программу, отвечающую



рассмотренным выше требованиям. Благодаря готовому универсальному монитору программист может сосредоточиться на решении чисто прикладных задач, выделение же знаний о диалоге в сценарий обеспечивает в значительной степени необходимая гибкость программного продукта.

Большое внимание в настоящее время уделяется проблеме создания *«интеллектуальных ППП»*. Такой пакет позволяет конечному пользователю лишь сформулировать свою задачу в содержательных терминах, не указывая алгоритма ее решения. Синтез решения и сборка целевой программы производятся автоматически. При этом детали вычислений скрыты от пользователя, и компьютер становится интеллектуальным партнером человека, способным понимать его задачи. Предметное обеспечение подобного ППП представляет собой некоторую базу знаний, содержащую как процедурные, так и описательные знания. Такой способ решения иногда называют концептуальным программированием, характерными особенностями которого является программирование в терминах предметной области использование ЭВМ уже на этапе постановки задач, автоматический синтез программ решения задачи, накопление знаний о решаемых задачах в базе знаний.

### **Краткий обзор некоторых ППП**

Для иллюстрации ранее рассмотренных материалов приведем несколько примеров современных пакетов прикладных программ из различных предметных областей. Учитывая, что постоянно появляются новые версии программных продуктов, здесь будут рассматриваться не возможности конкретных версий, а лишь основные структурные компоненты, входящие в состав того или иного пакета.

#### **Autodesk AutoCAD**

Основное назначение ППП AutoCAD - создание чертежей и проектной документации. Современные версии этого пакета представляют существенно большие возможности, среди которых построение трехмерных твердотельных моделей, инженерно-технические расчеты и многое другое.

Первые версии системы AutoCAD, разрабатываемой американской фирмой Autodesk, появились еще в начале 80-х годов двадцатого века, и сразу же привлекли к себе внимание своим оригинальным оформлением и удобством для пользователя. Постоянное развитие системы, учет замечаний, интеграция с новыми продуктами других ведущих фирм сделали

AutoCAD мировым лидером на рынке программного обеспечения для автоматизированного проектирования.

### **Языковые средства**

В основе языковых средств ППП AutoCAD - технология Visual LISP, базирующаяся на языке AutoLISP (подмножество языка LISP) и используемая для создания приложений и управления в AutoCAD. Visual LISP представляет полное окружение, включающее:

- Интегрированную среду разработки, облегчающую написание, отладку и сопровождение приложений на AutoLISP
- Доступ к объектам ActiveX и обработчикам событий
- Защиту исходного кода
- Доступ к файловым функциям операционной системы
- Расширенные функции языка LISP для обработки списочных структур данных.

Для разработчиков совместимых приложений в AutoCAD включена поддержка ObjectARX. Это программное окружение представляет объектно-ориентированный интерфейс для приложений на языках C++, C# и VB.NET и обеспечивает прямой доступ к структурам БД, графической подсистеме и встроенным командам пакета.

Кроме того, в AutoCAD имеется поддержка языка Visual Basic for Applications (VBA), что позволяет использовать этот пакет совместно с другими приложениями, в частности, из семейства Microsoft Office.

### **Предметное обеспечение**

К предметному обеспечению пакета в первую очередь относятся функции построения примитивов - различных элементов чертежа. Простые примитивы - это такие объекты как точка, отрезок, круг (окружность) и т.д. К сложным примитивам относятся: полилиния, мультилиния, мультитекст (многострочный текст), размер, выноска, допуск, штриховка, вхождение блока или внешней ссылки, атрибут, растровое изображение. Кроме того, есть пространственные примитивы, видовые экраны и пр. Операции построения *большой части* примитивов могут быть выполнены через пользовательский интерфейс, *все* - через команды языка.

Высокоуровневые средства представлены расширениями и приложениями AutoCAD для конкретных предметных областей. Например в машиностроении используется Autodesk

Mechanical Desktop - предназначенный для сложного трехмерного моделирования, в том числе валов и пружин. Для проектирования деталей из листовых материалов предназначена система Copra Sheet Metal Bender Desktop (разработчик - Data-M Software GmbH). Моделирование динамики работы механизмов может выполняться в системе Dynamic Designer (Mechanical Dynamics). В числе известных архитектурных и строительных приложений можно отметить системы АРКО (АПИО-Центр), СПДС GraphiCS (Consistent Software), ArchiCAD. Для проектирования промышленных объектов может использоваться система PLANT-4D (CEA Technology). Это лишь некоторые из областей использования AutoCAD.

### ***Системное обеспечение***

Среди системного обеспечения следует отметить основной формат файлов AutoCAD .dwg, который стал стандартом «де факто» для прочих САПР.

К системному же обеспечению относятся типовые и специализированные библиотеки деталей и шаблонов, использование которых позволяет существенно ускорить процесс проектирования. Здесь же упомянем требования отраслевых и государственных стандартов, которым должны соответствовать чертежи и спецификации.

Конфигурация и настройки различных режимов AutoCAD устанавливаются через т.н. системные переменные. Изменяя их значения можно задавать пути к файлам, точность вычислений, формат вывода и многое другое.

### **Adobe Flash**

Adobe (ранее Macromedia) Flash - это технология и инструментарий разработки интерактивного содержания с большими функциональными возможностями для цифровых, веб- и мобильных платформ. Она позволяет создавать компактные, масштабируемые анимированные приложения (ролики), которые можно использовать как отдельно, так и встраивая в различное окружение (в частности, в веб-страницы). Эти возможности обеспечиваются следующими компонентами технологии: языком Action Script, векторным форматом .swf и видеоформатом .flv, всевозможными flash-плеерами для просмотра и редакторами для создания.

Рассмотрим интегрированную среду Adobe Flash как основное средство создания flash-приложений. При этом отметим, что языковые и системные средства относятся не только к этому пакету, а к технологии в целом.

## **Язык *ActionScript***

ActionScript — объектно-ориентированный язык программирования, который добавляет интерактивность, обработку данных и многое другое в содержимое Flash-приложений. Синтаксис ActionScript основан на спецификации ECMAScript (сюда же относятся языки JavaScript и JScript). Библиотека классов ActionScript, написанная на C++, представляет доступ к графическим примитивам, фильтрам, принтерам, геометрическим функциям и пр.

ActionScript как язык появился с выходом 5 версии Adobe (тогда еще Macromedia) Flash, которая стала первой программируемой на ActionScript средой. Первый релиз языка назывался ActionScript 1.0. Flash 6 (MX). В 2004 году Macromedia представила новую версию ActionScript 2.0 вместе с выходом Flash 7 (MX 2004), в которой было введено строгое определение типов, основанное на классах программирование: наследование, интерфейсы и т. д. Также Macromedia была выпущена модификация языка Flash Lite для программирования под мобильные телефоны. ActionScript 2.0 является не более чем надстройкой над ActionScript 1.0, то есть на этапе компиляции ActionScript 2.0 осуществляет некую проверку и превращает классы, методы ActionScript 2.0 в прежние прототипы и функции ActionScript 1.0.

В 2005 году вышел ActionScript 3.0 в среде программирования Adobe Flex, а позже в Adobe Flash 9.

ActionScript 3.0 (текущая версия на момент подготовки этого материала) представляет, по сравнению с ActionScript 2.0 качественное изменение, он использует новую виртуальную машину AVM 2.0 и дает взамен прежнего формального синтаксиса классов настоящее классовое (class-based) Объектно-ориентированное программирование. ActionScript 3.0 существенно производительней предыдущих версий и по скорости приблизился к таким языкам программирования, как Java и C++.

С помощью ActionScript можно создавать интерактивные мультимедиа-приложения, игры, веб-сайты и многое другое.

## **Системное обеспечение**

ActionScript исполняется виртуальной машиной (ActionScript Virtual Machine), которая является составной частью Flash Player. ActionScript компилируется в байткод, который включается в SWF-файл.

SWF-файлы исполняются Flash Player-ом. Flash Player существует в виде плагина к веб-браузеру, а также как самостоятельное исполняемое приложение. Во втором случае возможно создание исполняемых exe-файлов, когда swf-файл включается во Flash Player.

Для создания и просмотра видеофайлов в формате flv используются программные кодеки, поддерживающие этот формат.

### ***Прикладное обеспечение***

К прикладному обеспечению в рамках технологии Flash относятся средства создания роликов в форматах .swf, .flv и .exe. Основным инструментом является среда Adode Flash, включающая различные средства для создания и редактирования мультимедийного содержания, в т.ч. видео- и аудиофайлов, интегрированную среду разработки на ActionScript и множество дополнительных функций упрощения процесса создания роликов.

### **Пакет MatLab**

MatLab (сокращение от англ. «Matrix Laboratory») — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений, и язык программирования, используемый в этом пакете. По данным фирмы-разработчика, более 1000000 инженерных и научных работников используют этот пакет, который работает на большинстве современных операционных систем, включая GNU/Linux, Mac OS, Solaris и Microsoft Windows.

### ***Язык MatLab***

MATLAB как язык программирования был разработан Кливом Моулером (англ. Cleve Moler) в конце 1970-х годов. Целью разработки служила задача использования программных математических библиотек Linpack и EISPACK без необходимости изучения языка Фортран. Акцент был сделан на матричные алгоритмы.

Программы, написанные на MATLAB, бывают двух типов — функции и скрипты. Функции имеют входные и выходные аргументы, а также собственное рабочее пространство для хранения промежуточных результатов вычислений и переменных. Скрипты же используют общее рабочее пространство. Как скрипты, так и функции не компилируются в машинный код, а сохраняются в виде текстовых файлов. Существует также возможность сохранять так называемые pre-parsed программы — функции и скрипты, приведенные в вид, удобный для машинного исполнения и, как следствие, более быстрые по сравнению с обычными.

### **Системное обеспечение**

Язык MATLAB является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования. Имеются интерфейсы для получения доступа к внешним данным, клиентам и серверам, общающимся через технологии Component Object Model (COM) или Dynamic Data Exchange (DDE), а также периферийным устройствам, которые взаимодействуют напрямую с MATLAB. Многие из этих возможностей известны под названием MATLAB API.

Встроенная среда разработки позволяет создавать графические интерфейсы пользователя с различными элементами управления, такими как кнопки, поля ввода и другими. С помощью компонента MATLAB Compiler эти графические интерфейсы могут быть преобразованы в самостоятельные приложения.

Для MATLAB имеется возможность создавать специальные наборы инструментов (англ. toolbox), расширяющие его функциональность. Наборы инструментов представляют собой коллекции функций, написанных на языке MATLAB для решения определенного класса задач.

### **Прикладное обеспечение**

MATLAB предоставляет удобные средства для разработки алгоритмов, включая высокоуровневые с использованием концепций объектно-ориентированного программирования. В нем имеются все необходимые средства интегрированной среды разработки, включая отладчик и профайлер.

MATLAB предоставляет пользователю большое количество (несколько сотен) функций для анализа данных, покрывающие практически все области математики, в частности:

- Матрицы и линейная алгебра — алгебра матриц, линейные уравнения, собственные значения и вектора, сингулярности, факторизация матриц и другие.
- Многочлены и интерполяция — корни многочленов, операции над многочленами и их дифференцирование, интерполяция и экстраполяция кривых и другие.
- Математическая статистика и анализ данных — статистические функции, статистическая регрессия, цифровая фильтрация, быстрое преобразование Фурье и другие.

- Обработка данных — набор специальных функций, включая построение графиков, оптимизацию, поиск нулей, численное интегрирование (в квадратурах) и другие.
- Дифференциальные уравнения — решение дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений с запаздыванием, уравнений с ограничениями, уравнений в частных производных и другие.
- Разреженные матрицы — специальный класс данных пакета MATLAB, использующийся в специализированных приложениях.

В составе пакета имеется большое количество функций для построения графиков, в том числе трехмерных, визуального анализа данных и создания анимированных роликов, функции для создания алгоритмов для микроконтроллеров и других приложений.

## ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE

### ТЕМА 2.1 СТРУКТУРА И СОСТАВ MS OFFICE. ОСНОВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

#### Структура MS Office и назначение компонентов

ППП Microsoft Office - это совокупность программных средств автоматизации офисной деятельности. В состав пакета входит множество приложений, каждое из которых предназначено для выполнения определенных функций и может быть использовано автономно и независимо от остальных. Весь набор офисных приложений можно разделить на *основные* и *дополнительные*.

#### Основные компоненты Microsoft Office

Список и назначение основных компонентов, входящих в состав Microsoft Office приведен в таб. 1.

Таблица 1. Основные компоненты Microsoft Office

Название приложения	Функциональное назначение приложения
Microsoft Word	Текстовый процессор
Microsoft Excel	Табличный процессор
Microsoft PowerPoint	Система подготовки презентаций
Outlook	Система управления персональной информацией

Microsoft Access	Система управления базами данных
Microsoft Binder	Система управления подшивками
Microsoft FrontPage	Система управления Web-узлами
Microsoft PhotoDraw	Графический редактор
Microsoft Publisher	Настольная издательская система
Microsoft Project	Система управления проектами
Microsoft Team Manager	Система управления персоналом

#### **Дополнительные компоненты MS Office**

Кроме основных компонентов, в семейство Microsoft Office входит большое количество вспомогательных приложений, которые устанавливаются (или не устанавливаются) вместе с основными. Ими можно воспользоваться из основных приложений или вызвать независимо. В таб. 2 перечислены некоторые из вспомогательных приложений.

*Таблица 2. Некоторые вспомогательные приложения Microsoft Office*

<b>Название приложения</b>	<b>Функциональное назначение приложения</b>
Microsoft Query	Интерпретатор запросов к внешним базам данных
Microsoft Organization Chart	Программа рисования блок-схем
Microsoft WordArt	Программа создания фигурных текстов
Microsoft Equation	Редактор математических формул
Microsoft Map	Программа отображения данных на географических картах
Microsoft Graph	Программа построения диаграмм
Microsoft Photo Editor	Графический редактор
Microsoft Draw	Средство рисования
Microsoft Find Fast	Служба индексации документов
Microsoft Extended Finder	Средство поиска документов в папках файловой системы и электронной почты
Microsoft Script Editor	Редактор сценариев
Microsoft ClipArt	Коллекция картинок и клипов



Панель Microsoft Office	Средство быстрого доступа к приложениям Office
-------------------------	--

Кроме основных и вспомогательных приложений, могут быть установлены и использованы различные расширения (надстройки). Их можно условно разделить на три группы:

1. *Самостоятельные приложения*, разработанные фирмой Microsoft, которые являются компонентами семейства Microsoft Office, но формально не входят в состав пакета. Примерами являются приложения Microsoft Project и Microsoft Team Manager.
2. *Надстройки* над компонентами Microsoft Office, разработанные фирмой Microsoft и представляющие собой дополнительные функции. Как правило, надстройки оформляются не в виде готовых к выполнению программ, а в виде документов специального типа: шаблонов, рабочих книг, библиотек динамической компоновки (DLL) и т.п.
3. *Приложения третьих фирм*, разработанные для пользователей Microsoft Office. В этот класс попадают как продукты сторонних фирм, так и собственные разработки пользователей. Сюда можно отнести средства распознавания текстов (OCR), автоматического перевода текста, средства управления большими массивами документов (перечисленные задачи не реализованы или слабо развиты в самом пакете MS Office).

Приведенный перечень основных компонентов носит условный характер, поскольку состав пакета зависит от следующих факторов:

1. *Устанавливаемый комплект (или редакция) пакета*. Пакет выпускается в нескольких редакциях, и состав приложений в разных редакциях различен.
2. *Источник установки*. Установка может быть выполнена с компакт-диска или с сетевого сервера. Наборы файлов, которые устанавливаются на компьютер, существенно различаются.
3. *Операционная система*. Microsoft Office может работать под управлением различных ОС: MS Windows и Mac OS. Эти операционные системы могут иметь разные версии и модификации, что также влияет на состав устанавливаемых компонентов.

4. *Наличие на компьютере в момент установки предшествующих версий.* Некоторые компоненты старых версий автоматически включаются в состав обновляемой версии Microsoft Office (если они уже установлены на компьютере).
5. *Параметры, заданные при установке.* В случае так называемой выборочной (т.е. по выбору пользователя) установки, можно указать несколько десятков независимых параметров, влияющих на состав пакета.

Несмотря на большое число различных приложений в составе пакета, все они в совокупности образуют единое целое. Для каждого из приложений MS Office характерно наличие следующих отличительных признаков:

1. совместимость по данным;
2. унифицированный интерфейс;
3. единые средства программирования.

### **Документы Microsoft Office**

Единица данных самого верхнего уровня структуризации в Microsoft Office называется **документом**.

Документы классифицируются по типам в зависимости от того, какого сорта информация в них хранится. Как правило, документы разных типов обрабатываются разными приложениями Microsoft Office. Основные типы документов, с которыми работают программы Microsoft Office, перечислены в таб. 3.

*Таблица 3. Основные типы документов Microsoft Office*

<b>Название</b>	<b>Расширение</b>	<b>Приложение</b>	<b>Краткое описание</b>
Документ	.doc	Word	Основной тип документов Word. Содержит форматированный текст, т.е. текст с дополнительной информацией о шрифтах, отступах, интервалах и т.п., а также рисунки, таблицы и другие элементы
Рабочая книга	.xls	Excel	Основной тип документов Excel. Содержит данные различных типов: формулы, диаграммы и макросы
База данных	.mdb	Access	Основной тип документов Access. Содержит как собственно базу данных, то есть совокупность таблиц, так и соответствующие запросы, макросы, модули, формы и отчеты

Презентация	.ppt	PowerPoint	Основной тип документов PowerPoint. Содержит презентацию, состоящую из набора слайдов, заметок выступающего, раздаточных материалов и другой информации
Публикация	.pub	Publisher	Основной тип документов Publisher. Как и Word, содержит форматированный текст, рисунки, таблицы и т.п.
План проекта	.mpp	Project	Основной тип документов Project. Содержит календарный план проекта, описание задач, ресурсов и их взаимосвязи

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод: входящие в состав пакета MS Office приложения способны тесно взаимодействовать при решении прикладных задач; они создают единую информационную среду и позволяют обмениваться объектами. Документы Microsoft Office являются частными примерами объектов. Поэтому Microsoft Office является *документно-ориентированным пакетом* (средой).

### **Программная среда**

Основным средством разработки приложений в MS Office является комплексное решение на основе языка Visual Basic, а именно - Visual Basic for Application (VBA). Эта технология включает макрорекордер, интерпретатор Visual Basic, интегрированную среду разработки с встроенным отладчиком, библиотеки времени выполнения (runtime library) и библиотеки типов, представляющие объекты пакета. Эти средства позволяют расширять функциональность пакета и адаптировать его к решению специализированных задач.

### **Интерфейс MS Office**

Приложения Microsoft Office имеют унифицированный интерфейс, суть которого заключается в следующем: сходные функции имеют одинаковое обозначение (название команды или значок на кнопке), а несходные функции имеют различные обозначения.

В большей степени унификация коснулась интерфейсов таких приложений, как Microsoft Word, Microsoft Excel и Microsoft PowerPoint.

Одним из достоинств пакета Microsoft Office является последовательное использование графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface, GUI), представляемого операционной системой и различных элементов управления. Как

правило, отдельные элементы группируются в более крупные конструкции, такие как окна, панели инструментов, меню. Рассмотрим характеристику каждой из этих групп.

### **Оконный интерфейс**

Оконный интерфейс - такой способ организации пользовательского интерфейса программы, когда каждая интегральная часть располагается в *окне* — собственном субэкранном пространстве, находящемся в произвольном месте «над» основным экраном. Несколько окон одновременно располагающихся на экране могут перекрываться, находясь

«выше» или «ниже» друг относительно друг

В MS Office использует окна четырех типов:

- окно приложения;
- окно документа; • диалоговое окно;
- форма.

### **Панели инструментов**

Панели инструментов - это элементы пользовательского интерфейса, на которых могут располагаться такие элементы управления, как кнопки быстрого вызова и раскрывающиеся списки. Панели инструментов разных приложений могут содержать кнопки, сходные по функциям и внешнему виду, что упрощает освоение интерфейса Microsoft Office.

Панели инструментов могут быть:

- пристыкованными вдоль границы окна приложения;
- плавающими, т.е. находится в любой части окна приложения;
- представленными в отдельных окнах; в этом случае форму и размеры панели инструментов можно менять произвольно.

### **Меню**

Меню представляет доступ к иерархическим спискам доступных команд. Результатом выбора команды из меню может быть:

- непосредственное выполнение некоторого действия;
- раскрытие еще одного меню;

- раскрытие диалогового окна или формы.

Меню интерфейса Microsoft Office, кроме строки меню любого приложения, можно разделить (по способу перехода к ним) на раскрывающиеся и контекстные (или всплывающие).

### **Элементы управления**

*Элементы управления* - это объекты оконного интерфейса, реализующие типовые операции с интерфейсом: щелчок мышью, выбор из списка, выбор вариантов, прокрутка и т.п. К элементам управления относятся следующие: кнопки, текстовые поля (или поля ввода), флажки, переключатели, списки и раскрывающиеся списки, полосы прокрутки, палитры, счетчики и прочие, специфичные для некоторых приложений или условий.

## **ТЕМА 2.2 ВВЕДЕНИЕ В ОФИСНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

Офисное программирование — это процесс разработки приложений, предназначенных для автоматизации офисной деятельности с использованием специализированных пакетов (MS Office, OpenOffice.org или подобных).

Офисное программирование имеет ряд особенностей, отличающих его от программирования в общем смысле:

- цели разработки;
- область применения;
- макроязык;
- среда разработки;
- поддержка объектно-ориентированного программирования.

Рассмотрим эти особенности на примере MS Office.

### **Цели разработки**

В офисной среде *программный проект неразрывно связан с документом*, хранится как часть документа и не может существовать независимо от него. *Документ, а не программа, является целью разработки.*

Стандартные возможности среды по работе с документами велики. Однако возможность изменить типовой документ, снабдив его дополнительными функциями – это одна из важнейших задач офисного программирования. Для ее решения офисная среда представляет совокупность библиотек классов, которые составляют каркас (Framework)

текстовых документов, электронных таблиц, презентаций, баз данных и приложений на основе этих документов. Всякий раз, когда создается новый документ, его каркас составляют объекты библиотек, заданные по умолчанию. Этот каркас можно существенно изменить, добавив в документ новые свойства. Расширение каркаса не требует от программиста значительных усилий – достаточно включить в него необходимые библиотеки классов.

### **Область применения**

Область применения офисного программирования широка – от настройки отдельных документов до решения задач автоматизации офисной деятельности масштаба предприятия, в т.ч. ориентированных на совместную работу в глобальной сети.

### **Visual Basic for Application**

*Visual Basic для приложений (Visual Basic for Application, VBA)* – это инструмент разработки приложений, который позволяет создавать программные продукты, решающие практически все задачи, встречающиеся в среде Windows. Эти продукты можно использовать, например, для оформления документов (подготовки текстов) или анализа данных таблиц (электронных таблиц). VBA – уникальное приложение, поскольку оно встраивается в другое приложение и расширяет его функциональные возможности.

Visual Basic for Application (VBA) - стандартный макроязык пакета Microsoft Office, предназначенный для расширения функциональных возможностей приложения в котором используется.

С помощью VBA можно:

- создать собственное диалоговое окно и придать ему требуемый внешний вид;
- создать макросы, расширяющие функциональные возможности приложения, в которое встроена VBA;
- изменить меню приложения Microsoft Office;
- управлять другим приложением Microsoft Office или принадлежащими ему данными;
- объединить данные из нескольких приложений Microsoft Office в одном документе;
- автоматически создавать или изменять страницы Web, совместно используя приложения Microsoft Office и VBA.

Для разработчика доступны следующие инструменты и средства, которые используются при создании проекта VBA:

- отладка приложений без предварительной компиляции;
- средства Win32 API;
- SQL и объекты доступа к данным для управления данными и извлечения их из внешних источников данных, таких как Microsoft SQL Server;
- построение и проверка элементов интерфейса непосредственно в среде разработки VBA (Integrated Development Environment, IDE);
- связывание программ и процедур с событиями, которые возникают в приложениях VBA.

### **Среда разработки**

Среда приложений Office ориентирована в первую очередь на пользователей, а не на программистов и в ней можно создавать документы без всякого программирования. Поэтому программист обычно начинает работать с документами не на пустом месте, а с их заготовками, созданными пользователями, т.е. и сам программист может выступать в роли пользователя. Средства совместной работы над документами Office обеспечивают одновременную работу программистов и пользователей.

Среда MS Office предлагает два способа создания программ, отличающихся подходом к процессу: использование макрорекордера и ручное кодирование (на языке VBA). Эти подходы ориентированы на разные категории: непосредственно пользователей и программистов соответственно.

*Макрорекордер (MacroRecorder)* – это программный инструмент, записывающий действия пользователя при работе с документами и приложениями, с сохранением записи в виде макроса -исходного кода на языке VBA. При вызове сохраненного макроса воспроизводится вся сохраненная последовательность действий.

Макрорекордер представляет возможность создания программного проекта или, по крайней мере, его отдельных компонентов автоматически, без программирования. Для записи и воспроизведения макроса не требуется специальных знаний, поэтому пользователь может самостоятельно создавать программы (макросы), в общем случае даже не представляя себе, как они работают.

Для программиста макрорекордер полезен тем, что позволяет создавать фрагменты программы автоматически, тем самым увеличивая скорость разработки и уменьшая время отладки.

*Интегрированная среда разработки* на VBA (Visual Basic Environment, VBA) - встроенное в MS Office средство для написания, тестирования и отладки приложений на VBA. Среда VBA представляет все возможности для создания законченных офисных приложений, включая средства визуального проектирования пользовательского интерфейса. VBA ориентирована на использование программистами для разработки офисных приложений (это отнюдь не означает, что пользователи не могут применять VBA).

### **Поддержка ООП**

Разработка приложений для MS Office тесно связана с парадигмой объектно-ориентированного программирования. Все документы (более того, сами компоненты пакета) в MS Office - суть объекты, наделенные собственными наборами свойств (характеристик объекта), методов (подпрограмм управления свойствами) и событий (подпрограмм, обрабатывающих изменения состояния объекта в результате некоторых действий). Соответственно, для обеспечения более полной интеграции с пакетом, входной язык (VBA) также поддерживает ООП.

Все объекты приложения MS Office образуют иерархическую структуру, которая определяет связь между ними и способ доступа. Такая структура называется объектной моделью (object model). За рамки объектной модели выходят, но также могут использоваться в офисных приложениях, внешние объекты, поддерживающие технологии DDE, OLE/ActiveX и ряд других.

В объектно-ориентированную концепцию удачно вписывается технология *визуального программирования*. Все отображаемые элементы графического интерфейса, такие как формы, элементы управления, меню и панели инструментов являются объектами, наделенными набором свойств и методов и способными реагировать на события (например, щелчки мыши, нажатия клавиш и т.п.). При визуальном подходе не требуется программного задания (хотя это и возможно) их основных свойств (например, ширина или высота, цвет фона и т.п.). Эти свойства можно задать при помощи мыши (например, ширину и высоту формы путем операции "перетаскивания" маркеров) или



установить их в окне свойств (название формы, цвет фона формы и т. д.). Таким образом, визуальное программирование делает проектирование интерфейса программы более наглядным и быстрым. При этом сохраняется возможность управлять всеми объектами и программно.

### **Преимущества офисного программирования**

Преимущества, которые получает конечный пользователь, использующий программируемые офисные документы:

- Пользователь получает документы, обладающие новыми функциями и способные решать задачи, характерные для проблемной области пользователя.
- Пользователь находится в единой офисной среде независимо от того, с каким документом он работает в данный момент и какой программист разрабатывал этот документ.
- Большинство доступных при работе с документами функций являются общими для всех документов, поскольку их предоставляет сама офисная среда. Единый стиль интерфейса разных документов облегчает работу с ними.
- Пользователь сам, не будучи программистом, способен создавать простые виды программируемых офисных документов, постепенно совершенствуясь в этой деятельности.

Преимущества, которые получает программист, работающий в Office:

- В распоряжении программиста находится мощная интегрированная среда. Для него эта среда представлена в виде совокупности хорошо организованных объектов, доступных в языке программирования и по принципу работы ничем не отличающихся от встроенных объектов языка или объектов, создаваемых самим программистом.
- Большинство повседневных задач становятся для него простыми, – чтобы их решить, зачастую достаточно стандартных средств.
- Там, где стандартных средств не хватает, где у документа должны появиться новые функциональные возможности, где необходимо создать документ по заказу, вступает в силу язык программирования – VBA, существенная особенность которого – возможность работы с объектами любого из приложений Office.

- Офисное программирование позволяет применять на практике идеи компонентного программирования. Компонентный подход предполагает взаимодействие компонентов, создаваемых в разных программных средах, на разных языках, на разных платформах и находящихся на разных машинах. Работа с компонентами (DLL, ActiveX, AddIns, ComAddIns) является неотъемлемой частью офисного программирования.

## ТЕМА 2.3 МАКРОСЫ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОРЕКОРДЕРА

### Макросы

Независимо от используемых операционной системы и программных приложений MS Office пользователь часто выполняет одни и те же последовательности команд для многих рутинных задач. Вместо повторения последовательности команд каждый раз, когда необходимо выполнить какую-либо задачу, можно создать макрос (macro), который вместо пользователя будет выполнять эту последовательность. Термин macro произошел от греческого слова, означающего расширенный или растянутый.

**Макрос** – это программа (в контексте офисного программирования - созданная автоматически), состоящая из списка команд, которые должны быть выполнены приложением.

Основными преимуществами использования макросов являются:

- повышение точности и скорости работы, поскольку компьютеры лучше приспособлены для выполнения повторяющихся задач, чем человек;
- при выполнении макросов обычно нет необходимости в присутствии человека-оператора; в случае, если макрос очень длинный и выполняет операции, требующие значительного времени (например, поиск в базе данных и сортировка), пользователь может переключиться на другое приложение.

Макрос служит для объединения нескольких различных действий в одну процедуру, которую можно легко вызвать. Этот список команд состоит в основном из макрокоманд, которые тесно связаны с приложением, в котором создается макрос – т.е. с командами Word, Excel или других приложений Microsoft Office.

Можно выделить *три основные разновидности макросов*:

1. *Командные макросы* – это наиболее распространенные макросы, обычно состоящие из операторов, эквивалентным тем или иным командам меню или параметрам диалоговых окон. Основным предназначением такого макроса является выполнение действий, аналогичных командам меню – т.е. изменение окружения и основных объектов приложения.
2. *Пользовательские функции* – работают аналогично встроенным функциям приложения. Отличие этих функций от командных макросов состоит в том, что они используют значения передаваемых им аргументов, производят некоторые вычисления и возвращают результат в точку вызова, но не изменяют среды приложения.
3. *Макрофункции* – представляют сочетание командных макросов и пользовательских функций. Они могут использовать аргументы и возвращать результат, подобно пользовательским функциям, а также могут изменять среду приложения, как и командные макросы. Чаще всего эти макросы вызываются из других макросов, и активно используются для модульного программирования.

Поддержка макросов позволяет порой обойтись вообще безо всякого программирования: достаточно включить автоматическую запись выполняемых пользователем действий и в результате получить готовый макрос, а затем назначить ему кнопку на панели инструментов или новую команду меню, которые будут использоваться для вызова. Простые макросы удается создавать, не написав вручную ни одной строки программного кода.

Для разработки же серьезных приложений приходится программировать.

Таким образом, различают 2 способа разработки макроса:

- автоматическое создание, с использованием макрорекордера;
- написание макроса "с нуля", используя язык программирования VBA.

Отметим, что возможен и комбинированный подход: фрагменты будущей программы записываются автоматически, а затем они корректируются и дополняются "рукописным" кодом.

Для записи макросов из приложений Microsoft Office используется **макрорекордер**. Это встроенный инструмент, который фиксирует все действия пользователя, включая ошибки и неправильные запуски. При выполнении макроса интерпретируется каждая

записанная макрорекордером команда точно в такой последовательности, в которой пользователь выполнял их во время записи.

Для **записи макроса** в приложении Microsoft Office можно использовать меню "Сервис/Макрос/Начать запись" или выбрать кнопку "Записать макрос" на панели инструментов Visual Basic. До начала записи нужно указать имя макроса и определить, где он будет храниться и как будет доступен. Затем выполнить действия, которые требуется сохранить в макросе. Для завершения записи нужно на панели инструментов "Остановка записи" щелкнуть кнопку "Остановить запись".

Для **выполнения макроса** необходимо:

1. Установить курсор в место вставки выполнения макроса.
2. Выбрать пункт меню "Сервис/Макрос/Макросы".
3. В появившемся диалоговом окне "Макрос" выбрать имя нужного макроса и выбрать "Выполнить".

Чтобы **просмотреть код** записанного макроса, надо выбрать меню "Сервис/Макрос/Макросы". В появившемся диалоговом окне выбрать имя нужного макроса и щелкнуть кнопку "Изменить". Исходный код указанного макроса будет загружен в окно редактора Visual Basic.

## Структура записанного макроса

Макросы, создаваемые макрорекордером MS Office, сохраняются в специальной части файла данных, называемой *модулем*. Модуль VBA содержит исходный код программы на языке VBA. Фактически макрос является подпрограммой (а точнее, процедурой) VBA. Записанный макрос имеет строго определенную структуру. Ниже представлен исходный код простого макроса, созданного в Microsoft Word.

### Листинг 1. Пример макроса

```
Sub Hello()  
' Макрос изменяет размер, начертание шрифта, выравнивание абзаца и  
' выводит надпись в активный документ MS Word  
'  
    Selection.Font.Size = 24  
    Selection.Font.Bold = wdToggle  
    Selection.ParagraphFormat.Alignment = wdAlignParagraphCenter
```

```
Selection.TypeText Text:="Hello, World!"  
End Sub
```

В общем виде структуру кода макроса можно представить следующим образом<sup>2</sup>:

```
Sub имяМакроса ()  
' текст комментария  
    Оператор1  
    Оператор2 ...  
    ОператорN  
End Sub
```

Каждый макрос VBA начинается с ключевого слова Sub, за которым следует имя макроса. Строку, содержащую ключевое слово Sub и имя макроса, называют *строкой объявления (declaration)* макроса. За именем макроса всегда следуют пустые круглые скобки (т.к. макрос является процедурой VBA без параметров).

За строкой объявления макроса следуют строки комментариев. *Комментарий (comment)* – это строка в макросе VBA, которая не содержит инструкций, являющихся частью этого макроса. Каждая строка комментария начинается с символа апострофа ( ' ). Комментарии содержат имя макроса и текст, который был введен пользователем в текстовое поле "Описание" ("Description") диалогового окна "Запись макроса" ("Record Macro") в момент записи этого макроса.

Сразу за объявлением макроса следует *тело макроса (body)*. Каждая строка в теле макроса состоит из одного или более операторов VBA. *Оператор VBA (statement)* – это последовательность ключевых слов и других символов, которые вместе составляют одну полную инструкцию для VBA. Макрос VBA состоит из одного или нескольких операторов.

Конец макроса выделяется ключевой строкой End Sub, завершающей тело макроса.

## ТЕМА 2.4 СРЕДА РАЗРАБОТКИ VBA

Visual Basic for Application (VBA) – это система программирования, которая используется как единое средство программирования во всех приложениях Microsoft

---

<sup>2</sup> Локализованные версии пакета MS Office позволяют использовать в макросах символы национальных алфавитов (например, в идентификаторах). Однако не следует пользоваться этой сомнительной возможностью во избежании сложностей с отладкой и портированием приложений на VBA.

Office. Всякая система программирования включает в себя, по меньшей мере, три составные части:

1. Язык (или языки) программирования.
2. Среду разработки, т.е. набор инструментов для написания программ, редактирования, отладки и т.п.
3. Библиотеку (или библиотеки) стандартных программ, т.е. набор готовых программ (процедур, функций, объектов и т.д.), которые можно использовать как готовые элементы при построении новых программ.

Для создания офисных приложений в MS Office имеется *интегрированная среда разработки* (Integrated Development Environment, *IDE*) с унифицированным интерфейсом. VBA IDE – это набор инструментов разработки программного обеспечения, таких как редактор Visual Basic (Visual Basic Editor, VBA), средства отладки, средства управления проектом и т.д.

Вызов VBA IDE из любого приложения выполняется через комбинацию клавиш Alt+F11 или меню "Сервис/Макрос/Редактор Visual Basic".

### **Структура VBA**

VBA – это стандартное интерфейсное окно, содержащее меню, панели инструментов, другие окна и элементы, которые применяются при создании проектов VBA. Общий вид окна редактора Visual Basic представлен на рис. 3.

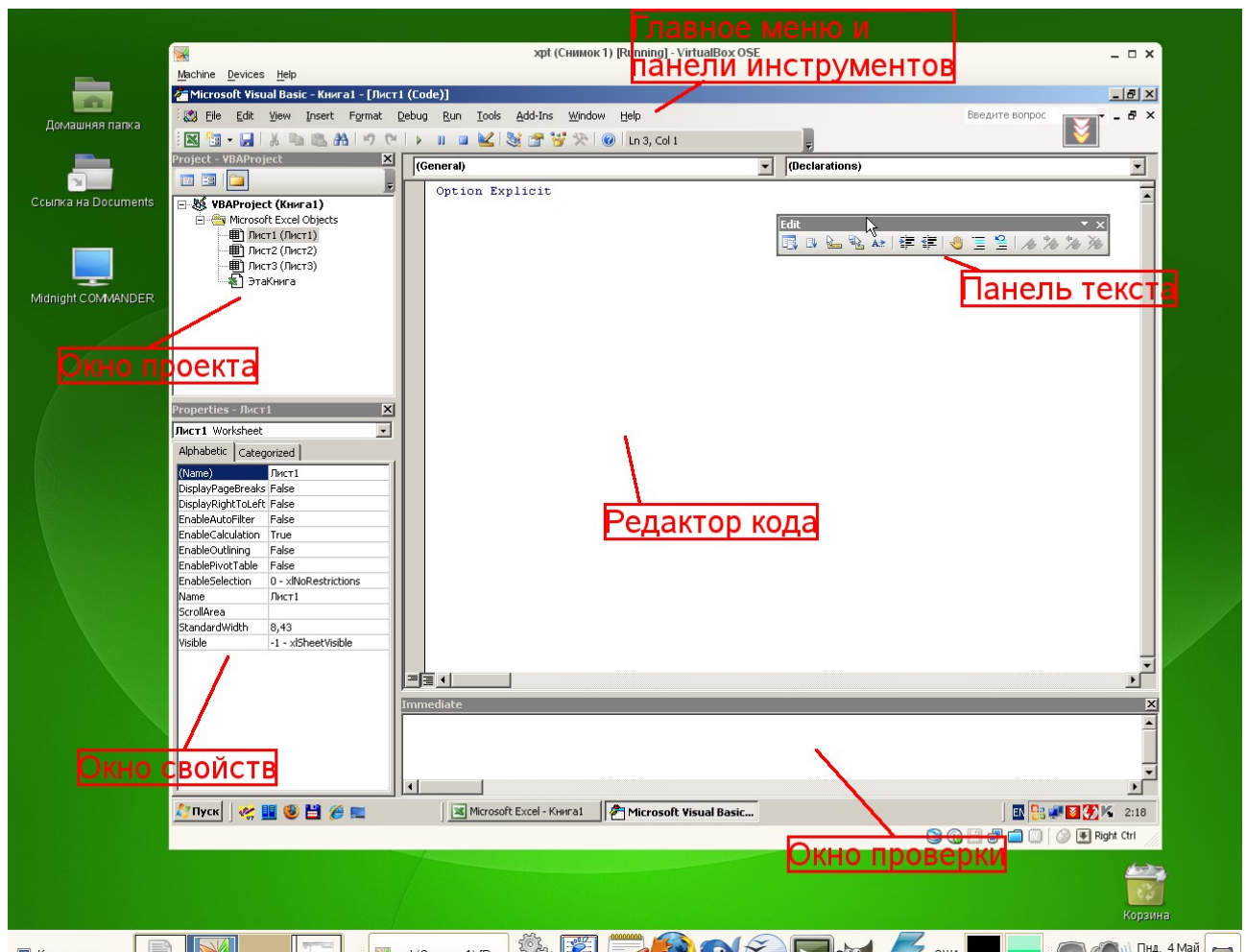


Рисунок 3. Окно редактора Visual Basic

Основными (открываемыми по умолчанию) являются три окна: окно проекта, окно свойств и окно редактирования кода. Краткое описание этих и некоторых других компонентов VBA приведено в таб. 4. Все они доступны через команды, представленные в меню "Вид".

Таблица 4. Назначение компонентов VBA

Наименование окна	Описание
Project (Проект)	Предназначено для отображения всех открытых проектов, а также их составляющих: модулей, форм и ссылок на другие проекты
Toolbox (Панель элементов)	Содержит элементы управления для конструирования форм
UserForm	Используется для создания форм путем размещения на них элементов

Наименование окна	Описание
	управления
Code (Программа)	Предназначено для просмотра, написания и редактирования программы на языке VBA. Поскольку среда разработки является многооконной, то для каждого модуля проекта можно открыть отдельное окно
Properties (Свойства)	Отображает свойства выделенных объектов. В этом окне можно задавать новые значения свойств формы и элементов управления
Object Browser (Просмотр объектов)	Отображает классы, свойства, методы, события и константы различных библиотек объектов. Используется для быстрого получения информации об объектах
Immediate (Проверка)	Предназначено для быстрого выполнения вводимых в него инструкций. В данном окне также выводятся результаты выполнения вводимых инструкций
Locals (Локальные переменные)	Автоматически показывает все переменные данной процедуры
Watches (Контрольные значения)	Применяется при отладке программ для просмотра значений выражений

### Характеристики компонентов VBA

#### Окно проекта (Project)

**Проект** – это совокупность всех программных модулей, связанных с документом Microsoft Office. Окно *Project (Проект)* предназначено для быстрого получения информации о различных составляющих проекта.

Проект может содержать модули следующих видов:

- *Объекты основного приложения.* Проекты VBA выполняются совместно с другими приложениями. Приложение, в котором разрабатывается и выполняется проект VBA, называется основным.
- *Модули форм.* В VBA имеется возможность создавать пользовательские формы, предназначенные для ввода или вывода данных, а также процедуры обработки событий, возникающие в этих формах.



- *Модули кода.* Модульность - один из основных принципов парадигмы структурного программирования. Каждый модуль, как правило, содержит подпрограммы, сходные по назначению. Небольшие модули проще отлаживать и использовать повторно. В частности, в VBA имеются средства импорта/экспорта готового кода.
- *Модули классов.* VBA позволяет создавать и использовать собственные объекты. Описание объектов включается в модули класса. Каждый модуль класса содержит полную информацию об одном типе объекта.

С помощью окна проекта можно добавить или удалить какой-либо объект из проекта. Модули кода добавляются в проект командой "Вставить/Модуль". Формы создаются командой "Вставить/UserForm", а модули класса командой "Вставить/Модуль класса".

Окно проекта можно использовать также для быстрой навигации по формам проекта и программному коду. Для этого необходимо выбрать в контекстном меню соответственно команды "Объект" или "Программа".

### **Окно свойств (Properties)**

Список свойств выделенного объекта выводится в окне Properties (Свойства). Для того чтобы выделить объект, необходимо с помощью окна проекта выбрать форму и перейти в режим конструктора, используя команду "View Object". Свойства объекта можно упорядочить в алфавитном порядке (Alphabetic (По алфавиту)) или по категориям (Categorized (По категориям)), выбрав соответствующую вкладку. Предусмотрена также возможность получения быстрой справки по какому-либо свойству объекта. Для этого достаточно установить курсор на нужное свойство и нажать клавишу F1.

### **Окно просмотра объектов(Object Browser)**

Окно Object Browser (Просмотр объектов) предназначено для просмотра объектов, доступных при создании программы. Точнее, в этом окне отображаются не сами объекты, а структура соответствующего класса объектов. Окно просмотра объектов может использоваться для поиска метода или свойства объекта.

### **Окно Code (Окно редактирования кода)**

Окно Code (Программа) представляет собой текстовый редактор, предназначенный для написания и редактирования кода процедур приложения. Это окно появляется на экране, например, при создании нового модуля. Код внутри модуля организован в виде отдельных разделов для каждого объекта, программируемого в модуле. Переключение между разделами выполняется путем выбора значений из списка "Object" ("Объект"), который находится в левом верхнем углу окна. Каждый раздел может содержать несколько процедур, которые можно выбрать из списка "Procedure" ("Процедура") в правом верхнем углу.

*Интеллектуальные возможности редактора кода:*

1. При написании кода пользователю предлагается список компонентов, логически завершающих вводимую пользователем инструкцию.
2. На экране автоматически отображаются сведения о процедурах, функциях, свойствах и методах после набора их имени.
3. Автоматически проверяется синтаксис набранной строки кода сразу после нажатия клавиши Enter. В результате проверки выполняется выделение определенных фрагментов текста:
  - красным цветом – синтаксические ошибки;
  - синим цветом – зарезервированные ключевые слова;
  - зеленым цветом – комментарии.
4. Если курсор расположить на ключевом слове VBA, имени процедуры, функции, свойства или метода и нажать клавишу F1, то на экране появится окно со справочной информацией об этой функции.

### **Окно редактирования форм (UserForm)**

Для создания диалоговых окон, разрабатываемых приложений VBA, используются формы. Редактор форм является одним из основных средств визуального программирования. При добавлении формы в проект (команда "Insert" – "UserForm" ("Вставить" – "UserForm")) на экран выводится незаполненная форма с панелью инструментов Toolbox (Панель элементов).

Используя панель инструментов Toolbox (Панель элементов) из незаполненной формы конструируется требуемое для приложения диалоговое окно. Размеры формы и

размещаемых на ней элементов управления можно изменять. Также окно редактирования форм поддерживает операции буфера обмена. Кроме того, команды меню "Format" ("Формат") автоматизируют и облегчают процесс выравнивания элементов управления как по их взаимному местоположению, так и по размерам.

### **Окна отладочной информации**

*Окно Immediate (Проверка)* позволяет ввести инструкцию и выполнить ее. При этом инструкция должна быть записана в одну строку, директивы которой будут выполнены после нажатия клавиши Enter. Данное окно можно использовать для быстрой проверки действий, выполняемой той или иной инструкцией. Это позволяет не запускать всю процедуру, что удобно при отладке программ.

*Окно Locals (Локальные переменные)* автоматически отображает все объявленные переменные текущей процедуры и их значения.

*Окно Watches (Контрольные значения)* применяется при отладке программ для просмотра значений выражений.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Б1.О.16 ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Шангина Е.И., проф., д-р пед. н., к. т. н., зав. каф. ИГр

Одобрена на заседании кафедры

Инженерная графика

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Шангина Е. И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 06.09.2021

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией  
факультета

Геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

(подпись)

(Фамилия И.О.) Протокол

№ 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА .....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....	5
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса .....	5
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам .....	5
Подготовка и написание контрольной работы .....	6
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	6
Подготовка к зачёту .....	6

## ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* - это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутриспредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время.

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с

целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

## **ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА**

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

*для подготовки ко всем видам текущего контроля:*

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы.

*для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:*

- подготовка к зачёту.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, тестирование, опрос, контрольные работы, защита контрольных работ, защита зачётных работ и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса: *для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам;

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены в учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

### Подготовка к практическим занятиям

*Практические занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых



задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям: *для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей;

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам;

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

### **Подготовка и написание контрольной работы**

*Контрольная работа* - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе: *для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **Подготовка к зачёту**

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы.

*Тест* - это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;

- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте,

- продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;

- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».



МИНОБНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный горный университет»  
(ФГБОУ ВО УГГУ)

**Н. В. Рубан**

# **Основы гидрогеологии и инженерной геологии**

**Методические указания  
по организации самостоятельной работы для обучающихся направления  
подготовки  
21.05.02 – Прикладная геология**

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная

Екатеринбург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	3
1.	Общие положения	4
2.	Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям	7
	2.1. Повторение материала лекций	7
	2.2. Самостоятельное изучение тем курса	8
	2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам	8
3.	Другие виды самостоятельной работы	8
	3.1. Подготовка к зачёту	8

## Введение

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;
- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;
- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;
- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;
- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;
- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;
- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);
- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);



- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

## **2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ**

### ***2.1. Повторение материала лекций***

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### ***2.2. Самостоятельное изучение тем курса***

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### ***2.3. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям***

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий.

## **3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### ***3.1. Подготовка к зачету***

В комплекте оценочных средств представлен перечень тестовых заданий, теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к зачету:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

**Учебное издание**

**Рубан Наталья Валентиновна**

**Основы гидрогеологии и инженерной геологии**

Методические указания по организации самостоятельной работы  
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология  
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические  
изыскания»)

Редактор С. Н. Тагильцев

Подписано в печать

Бумага писчая. Формат бумаги 60 x 84 1/16.  
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.  
Уральский государственный горный университет  
Отпечатано с оригинал-макета  
в лаборатории множительной техники УГГУ

Проректор по учебно-методическому комплексу \_\_\_\_\_



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**  
**ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.О.23 «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ»**  
**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент; Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры  
геологии  
\_\_\_\_\_  
(название кафедры)  
Зав.кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)  
Огородников В.Н.  
(Фамилия И.О.)  
\_\_\_\_\_  
Протокол № 1 от 24.09.2021  
\_\_\_\_\_  
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией  
Факультета геологии и геофизики

\_\_\_\_\_  
(название факультета)  
Председатель \_\_\_\_\_  
(подпись)  
Бондарев В.И.  
(Фамилия И.О.)  
\_\_\_\_\_  
Протокол № 2 от 07.10.2021  
\_\_\_\_\_  
(Дата)

Екатеринбург  
2021

Практические занятия по курсам «Общая геология» и «Геология» представляют важную часть в общем цикле геологических дисциплин. Эти занятия дают студентам возможность познакомиться с главнейшими породообразующими минералами и наиболее распространенными горными породами, а также получить навыки работы с горным компасом.

Выполнение практических работ производится в три этапа. Вначале студенты знакомятся с основными породообразующими минералами и учатся распознавать их в составе горных пород. На втором этапе студенты получают навыки определения и описания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. В завершение занятий студенты знакомятся с устройством горного компаса и получают представление о работе с ним.

Объем аудиторных практических занятий не достаточен для получения навыков по определению горных пород и минералов, поэтому студенты обязаны самостоятельно заниматься с коллекциями на кафедре в пределах часов, предусмотренных рабочими программами дисциплин.

В целях удобства работы на занятиях методические материалы скомпонованы в четыре самостоятельные брошюры:

Часть 1. Минералы

Часть 2. Магматические горные породы

Часть 3. Метаморфические горные породы

Часть 4. Осадочные горные породы

## Часть 1

# МИНЕРАЛЫ

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

подавляющее большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы).

**Минералы** – химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных геологических процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами.

Каждый минерал обладает вполне определенным химическим составом и вполне определенной кристаллической структурой, т. е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (атомов, ионов). Например, минерал галит (каменная соль) состоит из 39,4 % Na и 50,6 % Cl и имеет химическую формулу NaCl. Кристаллическая структура галита характеризуется поочередным расположением ионов  $\text{Na}^+$  и Cl в углах кубов (рис. 1), где каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия, и наоборот.

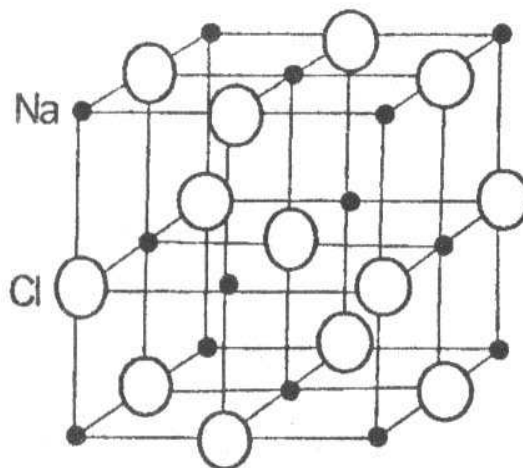


Рис. 1. Кристаллическая структура галита (NaCl)

В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают их физические свойства. Иногда минералы имеют неупорядоченные строения, когда атомы и ионы располагаются беспорядочно, хаотично. Минералы с таким строением называют аморфными.

Образование минералов является результатом различных геологических процессов. По способу образования (источнику энергии) минералы могут быть объединены в две группы.

1. Минералы эндогенного генезиса, образующиеся за счет внутренней энергии Земли. Возникают в результате кристаллизации магмы и связанных с ней горячих газовых и водных растворов (гидротерм) на различных глубинах, а также путем преобразования минералов в условиях больших давлений и температур.

2. Минералы экзогенного генезиса, образующиеся за счет внешней (солнечной) энергии. Источником минералообразования являются разнообразные горные породы, вступающие во взаимодействие с атмосферой, гидросферой и биотой, давая начало новым минералам.

Пути и способы образования минералов разнообразны. Они могут быть следствием: 1) кристаллизации огненно-жидкого силикатного расплава (магмы); 2) кристаллизации из горячих минерализованных растворов (гидротерм); 3) отложения кристаллического вещества из газообразных продуктов возгонов; 4) перекристаллизации минералов и горных пород; 5) образования новых минералов за счет разрушения ранее созданных.

### 1.1. Формы нахождения минералов

В природе минералы встречаются в виде отдельных хорошо образованных кристаллов либо в виде скоплений неправильной формы зерен (агрегатов).

#### 1.1.1. Облик кристаллов

Среди минералов выделяют три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом, кристаллов.

*Изометричные* – формы, имеющие близкие размеры во всех направлениях. Примером могут служить кубы пирита, галенита, октаэдры магнетита, ромбоэдры кальцита и др. (рис. 2).

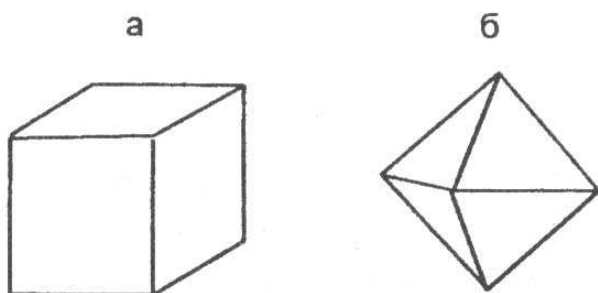


Рис. 2. Изометричные формы кристаллов:

а – кубический кристалл пирита;

б – октаэдрический кристалл магнетита

*Уплющенные* - формы, хорошо развитые преимущественно в двух направлениях. Сюда относятся таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы слюды, хлорита, графита и т. д. (рис. 3).



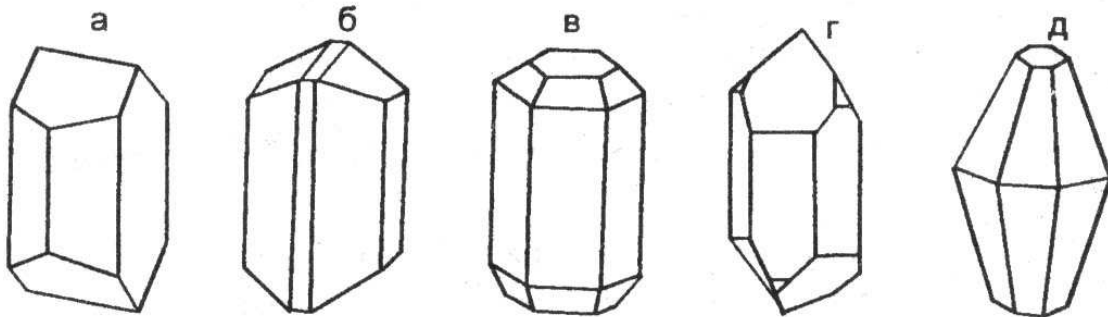
Рис. 3.  
Уплощенные  
формы

кристаллов:

а – таблитчатый кристалл гематита;

б– пластинчатый кристалл мусковита

*Удлиненные* - формы, развитые в одном направлении. К этой группе относятся призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые и волокнистые кристаллы роговой



обманки, пироксена, кварца и т. д. (рис. 4).

Рис. 4. Удлиненные формы кристаллов:

а – полевого шпата; б – роговой обманки; в – апатита; г – кварца; д - корунда

### 1.1.2. Минеральные агрегаты

В природе чаще встречаются не единичные кристаллы минералов, а скопления или сростания различной формы зерен. Эти скопления называют минеральными агрегатами.

Агрегаты бывают мономинеральными (моно - один), т. е. состоящими из зерен одного минерала, и полиминеральными (поли - много), сложенными несколькими различными минералами. Выделяют несколько видов минеральных агрегатов.

*Зернистые агрегаты* обладают наибольшим распространением в земной коре. В зависимости от формы слагающих зерен различают собственно зернистые (состоящие из изометричных зерен), а также пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, волокнистые, игольчатые, шестоватые и другие агрегаты. По величине зерен можно выделять агрегаты крупнозернистые, более 5 мм в поперечнике, среднезернистые - от 1 до 5 мм и мелкозернистые - с зернами менее 1 мм.

*Землистые агрегаты* - порошкообразные, рыхлые мягкие минеральные массы скрытокристаллического строения, обычно пачкают руки, легко распадаются на мелкие комочки.

*Сажистые* - (черные цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются в процессе химического выветривания. Примером являются минерал каолинит и марганцевые руды.

*Натечные формы* выделений минералов образуются на стенках пустот при медленном испарении или охлаждении поступающих туда растворов. Эти образования имеют разнообразную форму: почковидную, гроздевидную, неправильную, цилиндрическую. Натёки, свисающие в виде сосулек со сводов пустот, называются



сталактитами, а поднимающиеся им навстречу со дна пустот - сталагмитами. Характерным примером натечных образований являются: лимонит, малахит, кальцит.

*Друзы* - это сростки более или менее хорошо ограненных кристаллов на стенках каких-либо пустот. Примером могут служить довольно часто встречающиеся друзы кристаллов кварца или пирита.

Реже встречаются другие виды минеральных агрегатов: *секреции* - выполнение пустот изометричной, часто округлой формы, отличающиеся концентрически-зональным строением. Мелкие секреции в излившихся эффузивах называют миндалинами, крупные – жеодами; *конкреции* — шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, образующиеся в рыхлых осадочных породах (илах, глинах, песках и др.); *оолиты* - (от греч.-яйцо) - мелкие стяжения сферической формы размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров, образующиеся путем наслоения коллоидального материала на песчинки в подвижной водной среде.

## 1.2. Физические свойства минералов

Минералы отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску, твердости, форме и другим свойствам. Все физические свойства находятся в прямой зависимости от химического состава и кристаллической структуры, поэтому каждый из минералов характеризуется своим набором физических свойств, позволяющим проводить их диагностику (определение).

### 1.2.1. Оптические свойства

#### Цвет

У минералов различают идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую окраски.

*Идиохроматическая* (от греч. «идиос» - свой, собственный и «хрома» - цвет) окраска обусловлена внутренними свойствами минерала, особенностями строения кристаллической решетки. Такую окраску имеют латунно-желтый пирит, черный магнетит, свинцово-серый галенит и др.

*Аллохроматическая* (от греч. «аллос» - посторонний) окраска связана с присутствием в минералах либо элементов-хромофоров (красителей), либо тонкорассеянных механических примесей. Например, очень сильным элементом-красителем является хром. Даже незначительная примесь  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0,1 %) окрашивает бесцветный минерал корунд в ярко-красный цвет, прозрачная разновидность которого называется рубином.

Наличие тонкорассеянных механических примесей оксидов и гидроксидов железа в бесцветных минералах окрашивает последние во всю гамму красно-желтых тонов. Тонкорассеянное органическое вещество дает серые, черные цвета и т. д. Примером окраски такого рода может служить цвет галита. Чистые минералы галита прозрачны и бесцветны или имеют белый цвет. Но часто те или иные красящие пигменты обуславливают окраску различных цветов: серый (обычно глинистые частицы), желтый (*гидроксиды* железа), красный (*оксиды* железа), бурый и черный (органические вещества).

Природа окрашивания некоторых минералов кроется в нарушении однородности строения их кристаллических решеток, в возникновении в них различных дефектов (черный кварц, аметист и др.).

*Псевдохроматическая* (от греч. «псевдос» - ложный) окраска не имеет ничего общего с природой самого минерала. Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения. Например, на полированной поверхности минерала лабрадорита при некоторых углах поворота освещения появляются густые синие и зеленовато-синие переливы, вызванные интерференцией световых лучей, отраженных от плоскостей спайности лабрадорита. Такое явление называется иризацией.

Иногда минералы бывают покрыты тонкой поверхностной пленкой другого минерала, которая обычно имеет радужную окраску, напоминающую окраску тонких пленок нефти на поверхности воды. Подобные пленки на минералах называют побежалостью.

При определении окраски минерала обычно широко применяется метод сравнения с окраской хорошо известных предметов или веществ: яблочно-зеленый, лазурно-синий, шоколадно-коричневый и т. п. Эталонами считаются названия цветов следующих минералов: фиолетовый у аметиста, зеленый у малахита, красный у киновари, бурый у лимонита, свинцово-серый у галенита, железо-черный у магнетита, латунно-желтый у пирита, металлически-золотистый у золота.

*Прозрачность* - способность минерала пропускать свет. В зависимости от этой способности все минералы делятся: на прозрачные - горный хрусталь, топаз, исландский шпат и др.; полупрозрачные - флюорит, сильвин и др.; непрозрачные - пирит, магнетит и др.

#### Цвет черты

Это цвет тонкого порошка минерала, который легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой (неглазированной) поверхности фарфоровой пластики, называемой бисквитом. Цвет черты является более надежным признаком по сравнению с окраской минералов. В ряде случаев он соответствует цвету минерала (серая черта у серого галенита), но иногда цвет черты резко отличается от цвета минерала (латунно-желтый пирит оставляет черную черту). Для некоторых минералов этот признак является диагностическим. Например, очень похожие друг на друга минералы группы железа легко распознаются по цвету черты: магнетит имеет черную черту, гематит – вишневую, лимонит – желто-бурую.

Цвет черты определяется только у минералов с металлическим блеском, потому что другие минералы имеют белую или светлоокрашенную черту.

#### Блеск

*Блеск* – способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Установлено, что блеск зависит от показателя преломления минерала, т. е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе из воздушной в кристаллическую среду. Минералы с показателем преломления 1,3-1,9 имеют *стеклянный* блеск, с 1,9-2,6 — *алмазный* блеск. *Полуметаллический* блеск отвечает минералам с показателем преломления 2,6-3,0 и *металлический* – выше 3,0. Металлический блеск отвечает отражению полированной поверхности металла. Такой блеск характерен для непрозрачных минералов. Примером могут служить минералы пирит, галенит, халькопирит. Полуметаллический блеск напоминает блеск потускневшего металла. Он характерен для гематита, графита и др. Наиболее широко распространен стеклянный блеск, на его долю приходится около 70 % минералов. Стеклянным блеском обладают горный хрусталь, кальцит, корунд, флюорит, амфиболы, пироксены, полевые шпаты и другие минералы.

Более сильным, чем стеклянный, является алмазный блеск, характерный, например, для алмаза, серы.

Блеск минерала зависит также от характера его поверхности. Если поверхность неровная, то отраженный свет несколько рассеивается, преобразуя стеклянный и алмазный блески в так называемый жирный. Порошковатые рыхлые минералы, обладающие тонкой пористостью, имеют матовый блеск, так как микроскопические поры являются своего рода «ловушками» для света. Примерами могут служить каолинит, землистые массы лимонита и др.

У минералов с параллельно-волокнистым строением наблюдается типичный шелковистый блеск (асбест), полупрозрачные «слоистые» и пластинчатые минералы имеют перламутровый отлив.

### 1.2.2. Механические свойства

## Спайность и излом

*Спайностью* называют свойство минералов раскалываться по определенным направлениям, обусловленным строением их кристаллических решеток, образуя при этом ровные площади – плоскости спайности. Это свойство минералов связано исключительно с внутренним их строением и не зависит от внешней формы кристаллов. Например, при раскалывании кристаллов кальцита самой разнообразной формы получается спайный выколочек всегда одной и той же формы – ромбоэдр, кристаллов флюорита – октаэдр, галенита и галита – куб.

По степени совершенства различают следующие виды спайности: *весьма совершенная* - минералы легко расщепляются на тонкие листочки, чешуйки (мусковит, биотит, хлорит, тальк, графит); *совершенная* — минералы при ударе раскалываются на обломки, со всех сторон ограниченные тремя и более плоскостями спайности (кальцит, флюорит, галенит, галит); *средняя* – минералы раскалываются на обломки, ограниченные двумя плоскостями спайности и неровными поверхностями по случайным направлениям (полевые шпаты, роговая обманка, пироксен); *несовершенная* – минералы раскалываются на обломки, ограниченные неровными поверхностями и одной плоскостью спайности (корунд, апатит); *весьма несовершенная* или отсутствует – минералы раскалываются только по случайным направлениям с неровными поверхностями (кварц, магнетит, пирит).

Чтобы не спутать грани кристаллов с плоскостями спайности необходимо помнить, что направление спайности дает систему взаимопараллельных плоскостей или трещин. При определении спайности в агрегате выбирается одно или несколько наиболее крупных зерен и в них наблюдаются плоскости спайности. Если угол спайности, например, равен 90 градусам, то излом *ступенчатый*, а если угол спайности острый – излом *занозистый*.

Неровные поверхности, получаемые при расколе минерала по случайным направлениям, называют *изломом*. Наиболее распространен *неровный* излом, но иногда наблюдаются и другие виды: *гладкий, раковистый* – излом характерен для минералов с весьма несовершенной спайностью, напоминает поверхность раковины с концентрической скульптурой (кварц, пирит); *ступенчатый, занозистый* – излом характерен для игольчатых или волокнистых минералов (селенит). Излом, как и спайность, определяется внутренним строением минерала, его кристаллической решеткой.

### Твердость, хрупкость, ковкость, упругость

Под твердостью минерала подразумевается степень его сопротивления внешним механическим воздействиям. В минералогической практике применяют наиболее простой способ определения твердости - царапанье одного минерала другим, т. е. устанавливается относительная твердость минерала. Для оценки относительной твердости немецким минералогом Ф. Моосом была предложена шкала, состоящая из десяти минералов, каждый из которых, обладая более высокой твердостью, своим острым концом царапает все предыдущие с меньшими номерами. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами.

Шкала Мооса представлена следующими минералами:

Тальк	$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	1
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2
Кальцит	$CaCO_3$	3
Флюорит	$CaF_2$	4
Апатит	$Ca_5[PO_4]_3(F,Cl)$	5

Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$	6
Кварц	$SiO_2$	7
Топаз	$Al_2[SiO_4]F_2$	8
Корунд	$Al_2O_3$	9
Алмаз	C	10

Для определения твердости исследуемого минерала устанавливают, какой эталон с максимальным номером он царапает. Например, если испытуемый минерал царапает апатит, но оставляет порошок, т. е. истирается на ортоклазе, значит его твердость выше 5, но ниже 6 и оценивается в 5.5.

Относительную твердость можно определить, не имея шкалы Мооса, используя некоторые заменители. Так, твердость ногтя – 2,5; медной монеты – 3,0-3,5; оконного стекла – 5,0; стального ножа – 6,0; напильника – 7,0. Твердость порошковатых разностей бывает занижена по сравнению с твердостью этого минерала в крупных зернах.

Под хрупкостью понимают свойство минерала крошиться при проведении по нему черты ножом. Противоположный эффект – гладкий блестящий след – свидетельствует о свойстве минерала деформироваться пластически. Ковкие минералы расплющиваются под ударом молотка в тонкую пластинку, упругие – способны восстанавливать форму после снятия нагрузки (слюды, асбест).

### 1.2.3. Прочие свойства

#### Удельный вес

*Удельный вес* может быть точно замерен только в лабораторных условиях различными методами; приблизительное суждение об удельном весе можно получить путем сопоставления с распространенными минералами, удельный вес которых принимается за эталон. Все минералы по удельному весу можно разделить на три группы: *легкие* - с удельным весом меньше 3 г/см<sup>3</sup> (галит, гипс, кварц и др.); *средние* - с удельным весом порядка 3-5 г/см<sup>3</sup> (апатит, корунд, пирит и др.); *тяжелые* - с удельным весом больше 5 г/см<sup>3</sup> (галенит, золото и др.).

#### 1.2.4. Специфические свойства

Некоторые минералы обладают особыми, характерными только для них свойствами, когда нет необходимости определять их в других индивидах.

*Магнитность.* Сравнительно небольшое число минералов обладает свойством воздействовать на магнитную стрелку. Для минералов, обладающих магнитностью, это свойства имеет важное диагностическое значение. Минералы, обладающие ярко выраженными ферромагнитными свойствами, могут притягивать даже мелкие железные предметы - опилки, булавки (магнетит). Менее магнитные минералы (парамагнитные) слабо притягиваются магнитом (пирротин), и, наконец, имеются минералы, которые отталкивают магнитную стрелку, - самородный висмут.

*Реакция с соляной кислотой.* С соляной кислотой взаимодействуют минералы из класса карбонатов:

- кальцит  $CaCO_3$  - бурно реагирует, "вскипая" в кислоте;
- доломит  $CaMg(CO_3)_2$  - «вскипает» только в порошке;
- магнезит  $MgCO_3$  - не реагирует с кислотой.

*Двойное лучепреломление.* Двупреломление света – разложение светового луча, входящего в кристалл, на два. Это свойство характерно для карбонатов, особенно для прозрачной разновидности кальцита – исландского шпата. При наложении исландского шпата на рисунок или текст явственно заметно раздвоение изображения.

*Физиологические свойства.* (Воздействие на вкусовые, обонятельные и тактильные анализаторы человека). Ряд минералов можно определить по вкусу. Например, галит имеет соленый вкус, сильвин – горько-соленый. Эти минералы, кроме того, растворяются

в воде. Другие минералы можно различить по запаху. При горении серы ощущается запах сернистого газа, в то время как горящий янтарь издает ароматический запах. Существенна также степень шероховатости минералов, т. е. ощущение, возникающее при прикосновении к минералу. Есть минералы жирные на ощупь (тальк), гладкие (горный хрусталь) и шершавые (каолин).

### 1.3. Классификация минералов

Существует несколько классификаций минералов, в основу каждой из которых положены различные признаки. Наиболее признанной является кристаллохимическая классификация, в основе которой лежит в равной мере химический состав и кристаллическая структура минералов. По этой классификации выделяется большое количество классов, из которых в данном курсе будут рассмотрены лишь следующие: 1 - самородные элементы, 2 - сульфиды 3 - галогениды, 4 - оксиды и гидроксиды, 5 - карбонаты, 6 - сульфаты, 7 - фосфаты и 8 - силикаты.

**Класс 1 - самородные элементы** – некоторые химические элементы в свободном минеральном состоянии. К ним относят: *металлы* - золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu) и др.; *полуметаллы* - мышьяк (As), висмут (Bi); *неметаллы* - графит (C), сера (S) и др.

**Класс 2 – сульфиды** – соли сернистой кислоты  $H_2S$ . Наиболее характерными признаками, свойственными большинству сульфидов, являются сильный металлический блеск и высокий удельный вес. Сюда относят минералы: пирит –  $FeS_2$ , халькопирит –  $CuFeS_2$  и галенит –  $PbS$ .

**Класс 3 – галогениды** – соли соляной кислоты  $HCl$  (*хлориды*) и соли плавиковой кислоты  $HF$  (*фториды*). Для них характерны низкая твердость (2-4), прозрачность и совершенная спайность. К этому классу относят галит –  $NaCl$ , сильвин –  $KCl$  и флюорит –  $CaF_2$ .

**Класс 4 – оксиды и гидроксиды** – соединения металлов и неметаллов с кислородом и водой  $H_2O$ . Для оксидов характерна прочность кристаллической решетки, чем обусловлена их высокая твердость (5-9). К этому классу относят корунд –  $Al_2O_3$ , кварц –  $SiO_2$ , опал –  $SiO_2 \cdot nH_2O$  и минералы группы железа: магнетит –  $Fe_3O_4$ , гематит –  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ .

**Класс 5 – карбонаты** – соли угольной кислоты  $H_2CO_3$ . Большая часть карбонатов бесцветна, твердость невысокая (3), характерна совершенная спайность по ромбоэдру и эффект двойного лучепреломления. К этому классу относят кальцит –  $CaCO_3$ , доломит –  $CaMg(CO_3)_2$ , магнезит –  $MgCO_3$ .

**Класс 6 – сульфаты** – соли серной кислоты  $H_2SO_4$ . В технических науках их называют купоросами. Для минералов этого класса характерна низкая твердость (2-3,5) и пестрые цвета окраски. К ним относят гипс –  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  и ангидрит –  $CaSO_4$ , медный купорос –  $CuSO_4$  и железный купорос –  $FeSO_4$ .

**Класс 7 – фосфаты** – соли ортофосфорной кислоты  $H_3PO_4$ . Характерна средняя твердость (5) и светлая окраска. Сюда относят минерал апатит –  $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl)$ .

**Класс 8 – силикаты** – самая обширная группа породообразующих минералов, содержащих  $SiO_2$ . Основой кристаллической решетки силикатов является скелет из кремнекислородных тетраэдров  $[SiO_4]^{-4}$  (рис.5,а). Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут находиться либо в виде изолированных друг от друга структурных единиц  $[SiO_4]$ , либо сочленяются друг с другом разными способами. В зависимости от способа их сочленения выделяют следующие подклассы:

*Островные силикаты* с изолированными тетраэдрами (см. рис.5, а) представлены оливином. Для них характерны повышенные твердость и удельный вес, а также изометричные формы кристаллов.

*Цепочечные силикаты* с одинарными цепочками тетраэдров (см. рис. 5, б) представлены пироксенами;

*Ленточные силикаты* со сдвоенной цепочкой тетраэдров (см. рис. 5, в) представлены роговой обманкой. Несмотря на существенное различие в количественных соотношениях компонентов, цепочечные и ленточные силикаты имеют много общих свойств: удлиненная форма кристаллов, средняя спайность в двух направлениях, твердость 5-6, темный цвет.

*Листовые силикаты* с непрерывными слоями кремнекислородных тетраэдров представлены слоями кремнекислородных тетраэдров (рис. 5, г). Сюда относят слюды (биотит, мусковит), хлорит, тальк, каолинит, серпентинит. В прямой зависимости от кристаллической структуры находится важное диагностическое свойство этих силикатов - весьма совершенная спайность, а также гексагональная форма кристаллов.

*Каркасные силикаты* с непрерывными трехмерными каркасами тетраэдров  $[\text{SiO}_4]^{-4}$  представлены почти исключительно алюмосиликатами, в которых часть ионов  $\text{Si}^{4+}$  в кремнекислородных тетраэдрах замещена на ионы  $\text{Al}^{3+}$ . Для этих силикатов характерна светлая окраска и твердость 5-7.

### 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Основная цель работы – знакомство с минералами и изучение их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 1. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минеральных агрегатов	Физические свойства минералов						Примечание
		цвет	цвет черты	блеск	спайность	твердость	спец. св-ва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

#### Часть 2

### МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

#### 2.1. Общие сведения о магматических горных породах

Магматические горные породы образуются в результате затвердевания магмы на глубине или на земной поверхности при вулканических извержениях. Магматические породы также называют изверженными.

**Магма** (от греч. «густая мазь») — огненно жидкий, главным образом силикатный расплав, возникающий в верхней мантии или в земной коре. Магма содержит большое количество растворенных газов и паров воды (F, Cl, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и др.). На большой глубине магма находится под очень большим всесторонним давлением и обладает высокой температурой.

Поднимаясь вверх, магма внедряется в твердые и относительно холодные породы, которым она отдает свое тепло, начинает охлаждаться и кристаллизоваться. Большую роль в процессе кристаллизации играют летучие компоненты: пары воды и газа, способствующие и часто определяющие скорость кристаллизации минералов.

Поднимаясь вверх, магма оказывается в различных термодинамических условиях.

На значительных глубинах при медленном остывании магмы и сохраняющемся большом давлении происходит постепенная, последовательная и полная кристаллизация расплава. Последовательность в кристаллизации магмы связана с существованием минералов с разной температурой плавления. Тугоплавкие минералы кристаллизуются при более высоких температурах, когда другие еще находятся в расплаве.

К тугоплавким относят минералы, содержащие Fe и Mg (железисто-магнезиальные силикаты: оливин, авгит, роговая обманка, биотит и др.). При понижении температуры последовательно кристаллизуются и другие минералы.

Таким образом, на больших глубинах весь силикатный расплав превращается в агрегат тех или иных минералов, образуется полнокристаллическая горная порода. Долго сохраняющиеся условия высоких температур и давления создают благоприятные условия роста для всех минералов, в результате образуются полнокристаллические и равнокристаллические структуры пород с более или менее одинаковым размером зерен всех минералов.

На средних и небольших глубинах условия кристаллизации магмы менее стабильны и более разнообразны.

Если масса и температура расплава, внедрившегося на средних глубинах, достаточно велики для прогрева вмещающих пород и давление является достаточным для удержания в расплаве летучих компонентов, происходит также полная раскристаллизация расплава и образуется полнокристаллическая порода. При этом центральные части получают равнокристаллическое, а краевые — неравнокристаллическое строение в связи с относительно быстрым охлаждением на контакте с вмещающими породами и частичной потерей летучих компонентов. Летучие компоненты для некоторых минералов являются катализаторами и заметно повышают скорость их роста, тогда при полнокристаллическом строении возникает большая разница в размерах зерен разных минералов, могут возникать порфириовидные структуры.

На небольших глубинах температура и давление магмы могут быть недостаточными для ее полной кристаллизации. В таких условиях часть магмы успевает раскристаллизоваться и превратиться в минеральные зерна — вкрапленники, а другая часть затвердевает в виде вулканического стекла — аморфной массы, в которой могут быть зародыши кристаллов — микролиты, хорошо различимые только под микроскопом. В этих условиях образуются неполнокристаллические породы.

При вулканических извержениях магма либо изливается на земную поверхность (или на дно водного бассейна) в виде лавы, либо при взрывах выбрасывается в воздух на разную высоту, застывает и падает на поверхность в виде твердых частиц и обломков разного размера (вулканический пепел, песок, лапилли, вулканические бомбы), давая начало пирокластическим горным породам обломочного строения. Последние образуют особую группу вулканических пород и будут рассмотрены ниже.

Магма, излившаяся на поверхность в виде лавы, попадает в условия резкого понижения температуры и давления и связанной с этим почти полной потери летучих компонентов, что приводит к быстрому затвердеванию лавы. При этом если расплав

поднимается медленно и с больших глубин и до выхода на поверхность в нем произошла частичная кристаллизация, то есть образовались кристаллы минералов, то при затвердевании на поверхности образуются неполнокристаллические породы. При быстром движении расплав не успевает кристаллизоваться и застывает на поверхности в виде вулканического стекла, образуя стекловатую породу, в которой кристаллы почти или полностью отсутствуют.

По условиям образования магматические горные породы подразделяют на следующие виды.

1. **Интрузивные** (внедрившиеся):
  - глубинные (абиссальные),
  - полуглубинные (гипабиссальные).
2. **Вулканические**:
  - эффузивные (излившиеся),
  - пирокластические.

**Интрузивные**, или внедрившиеся (от лат. «интрузио» — внедрение), горные породы образуются при застывании магмы под земной поверхностью и по глубине застывания делятся на глубинные и полуглубинные.

*Глубинные*, или абиссальные (от греч. «абиссос» — бездонный), или плутонические, породы формируются на больших глубинах, в условиях длительно сохраняющихся высоких температур и давлений и характеризуются полной раскристаллизацией магматического расплава.

*Полуглубинные* (гипабиссальные) горные породы, затвердевшие на средних и небольших глубинах, по условиям образования являются промежуточными между глубинными интрузивными и эффузивными. Температура и давление магмы на разных глубинах меняются по-разному, и могут возникать как полно-, так и неполнокристаллические породы.

Излившиеся, или **эффузивные**, породы (от лат. «эффузио» — излияние) образуются при излиянии лавы на дневную поверхность, где резко понижаются температура и давление. Эффузивные породы характеризуются неполной кристаллизацией или быстрым затвердеванием расплава в виде вулканического стекла.

Различия в условиях образования магматических пород четко отражаются на их внешнем облике и легко распознаются макроскопически по характеру структуры и текстуры.

## 2.2. Структуры и текстуры магматических горных пород

**Структуры** магматических горных пород макроскопически классифицируются по степени кристалличности вещества, относительному и абсолютному размеру зерен.

По *степени кристаллизации* магматического расплава выделяют следующие структуры:

*полнокристаллические*, когда все вещество раскристаллизовано в агрегат минералов;

*неполнокристаллические*, когда часть расплава раскристаллизовалась и образовались минеральные зерна, а другая часть затвердела в виде вулканического стекла;

*стекловатые*, когда вся порода представлена вулканическим стеклом. Для глубинных пород характерны полнокристаллические структуры, для полуглубинных — полно- и неполнокристаллические, а для излившихся — неполнокристаллические и стекловатые структуры.

По *относительному размеру* минеральных зерен выделяют структуры:

*равнокристаллические* (равномерно-кристаллические). Если порода полнокристаллическая по степени кристаллизации и размеры минеральных зерен близки по величине;



так и для неравнокристаллических структур выделяются как для полнокристаллических, так и для неполнокристаллических пород.

Для полнокристаллических различают:

*неравнокристаллические*, когда размер минеральных зерен различается не резко; *порфировидные*, если одни зерна по размеру резко отличаются от других.

Для неполнокристаллических пород различают:

*порфировые*, состоящие из нераскристаллизованной части исходного расплава, которая вне зависимости от ее количества в породе называется «основной массой», и раскристаллизованной — «вкрапленников», представленных кристаллами минералов;

*афировые*, если порода состоит из основной массы без вкрапленников .

Равно- и неравнокристаллические и порфировидные структуры характерны для интрузивных пород, порфировые и афировые — для эффузивных и близповерхностных полуглубинных пород.

Для пород полно- и равнокристаллических выделяют *структуры по абсолютному размеру зерен*, см:

Гигантокристаллические	> 1
Крупнокристаллические	1-0,3
Среднекристаллические	0,3-0,1
Мелкокристаллические	0,1-0,05
Скрытокристаллические (афанитовые)	< 0,05

Все вышеперечисленные структуры, от гиганто- до скрытокристаллической, характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных пород, афанитовые — для основной массы эффузивных пород (вкрапленники при этом могут иметь различные размеры).

Среди многочисленных структур, выделяемых по взаимоотношениям минералов в породе, макроскопически хорошо различима *пегматитовая (письменная)*, характеризующаяся закономерным прорастанием полевого шпата кварцем, образующим клинообразные зерна, напоминающие древнееврейские письма, откуда и произошло название структуры.

**Текстуры** изверженных горных пород подразделяют на компактные, когда нет пор и пустот, и некомпактные, если есть в породе пустоты и поры. К компактным текстурам относят: *массивную, пятнистую, флюидальную, полосчатую, миндалекаменную*; к некомпактным — *пористую, пенистую, пузырчатую*.

*Массивная текстура* отличается беспорядочным расположением минеральных зерен, она наиболее характерна для интрузивных пород, нередко встречается и в эффузивных породах.

*Пятнистую текстуру* выделяет при неравномерном распределении светлых и темных минералов в породе. Встречается реже, главным образом в интрузивных породах.

*Флюидальная текстура* отличается ориентированным расположением удлиненных кристаллов, например столбиков роговой обманки, что отражает вязкое течение магмы или лавы в процессе застывания, при котором удлиненные кристаллы, как бревна в реке, располагаются своими длинными осями по направлению течения более или менее параллельно друг другу.

Флюидальная текстура может проявляться также в *полосчатости*, характеризующейся различиями в составе или структуре полос.

*Некомпактные текстуры* характерны для эффузивных пород и связаны с выделением из лавы летучих компонентов, после чего в затвердевшей лаве остаются пустоты округлой или миндалевидной формы.

Если пустоты мелкие (до нескольких миллиметров), образуется *пористая*, более крупные — *пузырчатая текстура*. В особо благоприятных условиях пары и газы могут

вспенивать лаву, и при застывании образуется *пенистая*, или *пемзовая*, *текстура*, в которой пустоты по объему преобладают.

*Миндалекаменная (мандельштейновая)* текстура характерна для эффузивных горных пород и образуется в результате заполнения пор и пустот в затвердевшей лаве вторичными минералами (кварц, халцедон, кальцит, хлорит и др.). Образовавшиеся миндалины обычно выделяются своим более светлым цветом на фоне темно-серой или черной породы. От вкрапленников миндалины отличаются округлой или миндалевидной формой. Горные породы с миндалекаменной текстурой называют мандельштейнами.

### 2. 3. Классификация магматических горных пород по химическому и минеральному составам

В основу классификации магматических горных пород положены химический и минеральный составы и структурные особенности пород (см. таблицу).

Химический анализ магматических горных пород показывает, что они состоят в основном из восьми оксидов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ . В значительно меньших количествах присутствуют  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и некоторые другие. Из главных оксидов только  $\text{SiO}_2$  присутствует во всех магматических породах в значительных количествах. Оксид  $\text{SiO}_2$  и принят за основу химической классификации изверженных горных пород.

По содержанию кремнезема (оксида  $\text{SiO}_2$ ) магматические породы подразделяют на четыре группы:

- кислые ( $\text{SiO}_2 = 64-78 \%$ ),
- средние ( $\text{SiO}_2 = 53-64 \%$ ),
- основные ( $\text{SiO}_2 = 44-53 \%$ ),
- ультраосновные ( $\text{SiO}_2 = 30-44 \%$ ).

Границы между этими группами магматических пород в известной мере являются условными, так как между породами соседних групп существуют постепенные переходы.

Важным показателем для классификации является содержание в магматической породе щелочей. По сумме щелочей ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) выделяют три ряда магматических пород: нормальной щелочности (низкощелочные, известково-щелочные), субщелочные (умеренно-щелочные) и щелочные (с высокой щелочностью).

Границы содержания суммы щелочей для выделения рядов значительно варьируют в зависимости от группы магматических пород по содержанию оксида  $\text{SiO}_2$ .

По относительному количеству железисто-магнезиальных силикатов в объемных процентах ( $M$  — цветное число) магматические породы подразделяют на ультрамафические ( $M > 70$ ), мафические ( $70 > M > 20$ ) и салические ( $M < 20$ ).

Химический состав магматических пород взаимосвязан с комплексом слагающих их минералов. Минералами — показателями степени кислотности (содержания оксида  $\text{SiO}_2$ ) являются кварц и оливин. Кислые породы отличаются значительным содержанием кварца. Для основных и ультраосновных пород характерен оливин, а кварц может встречаться только как второстепенный (менее 5 %) минерал и макроскопически обычно не виден. Средние по степени кислотности породы, занимая промежуточное положение и по минералогическому составу, являются переходными между кислыми и основными породами. В них выделяют средние кварцевые, переходные к кислым, и средние бескварцевые, переходные к основным породы.

Количество железисто-магнезиальных темноцветных минералов постепенно увеличивается от кислых к основным и ультраосновным породам. Некоторые разности основных и все ультраосновные породы состоят почти на 100 % из цветных силикатов и относятся к ультрамафитам.

Содержание полевых шпатов уменьшается от кислых к основным породам. В кислых и средних породах полевые шпаты развиты широко, в основных — количество их уменьшается, а ультраосновные породы являются бесполевошпатовыми.

Высокая щелочность магматических пород определяется присутствием щелочных минералов, таких как нефелин, калиевый полевой шпат и другие.

Химический и минералогический состав определяют цвет магматической породы: чем кислее порода, тем она светлее, чем основнее — тем темнее. Кислые и средние породы обычно бывают серыми или цветными (розовыми, красными, желтыми), основные — темно-серыми или черными, ультраосновные — черными или темно-зелеными.

Условия образования не оказывают существенного влияния на химический и минеральный состав изверженных пород. Поэтому в классификации по степени кислотности

## Классификация магматических горных пород нормальной щелочности

Группы пород по содержанию SiO <sub>2</sub> (в масс. %)									
	кислые (78-64)		средние (64-53)		основные (53-44)		ультраосновные (44-30)		
	глубинные	изливающиеся	глубинные	изливающиеся	глубинные	изливающиеся	глубинные	изливающиеся	изливающиеся
Породы нормальной щелочности	Гранит, гранодиорит	Риолит, обсидиан, дацит	Диорит	Андезит	Габбро	Базальт	Дунит, перидотит, пироксенит, горнблендит	Оливин, пироксен, роговая обманка	Пикрит, комагит
Породо-образующие минералы	<b>Кварц</b> , КПШ, биотит, кислый плагиоклаз В обсидиане, пемзе - стекло		Средний плагиоклаз, роговая обманка, пироксен		Основной плагиоклаз, пироксен, роговая обманка, оливин		Оливин, пироксен, роговая обманка		
Количество кварца	15-40 %		-		-		-		
Цвет изливающихся пород	Белый, серый, светлые тона		Темно-серый, коричневый		Черный		Черный		
Количество темно-цветных минералов в глубинных породах	10-15 ± 5 %		25 ± 15 %		50 ± 15 %		100 %		

изверженных пород в одну группу объединяют различные по происхождению (интрузивные, эффузивные, жильные), но близкие по химическому и минеральному составу.

Первоначальный минералогический состав магматических пород может заметно меняться в результате вторичных изменений.

Магматические горные породы весьма разнообразны, но лишь немногие из них распространены в земной коре широко. Наиболее широко развиты породы основного и кислого состава.

В земной коре среди магматических пород *около 70 %* составляют *основные* породы, а *кислые* и *средние* вместе — *около 30 %*. На ультраосновные породы приходится незначительная доля процента.

При этом среди эффузивов самыми распространенными являются лавы основного состава (базальты), а среди интрузивных образований — кислые породы (граниты и гранодиориты).

Среди всех типов по степени кислотности (кислые, средние и т. д.) наиболее широко распространены магматические породы нормальной щелочности (известково-щелочные). Однако субщелочные и щелочные породы хотя и развиты меньше, но не являются редкими.

В таблицах приводится характеристика наиболее часто встречающихся разновидностей глубинных (плутонических) и эффузивных пород.

#### *Порядок описания интрузивных пород.*

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

#### *Порядок описания эффузивных пород.*

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
5. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
6. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
7. Вывод: название, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
8. Глубинный аналог.

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

## Часть 3

# МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

### 3.1. Общие сведения о метаморфизме

Горные породы после формирования могут попасть в такую геологическую обстановку, которая будет существенно отличаться от обстановки образования породы и на нее будут оказывать влияние различные эндогенные силы: тепло, давление (нагрузка) вышележащих толщ, глубинные флюиды, растворы и газы, вода, водород, углекислота и др. Изменение магматических и осадочных пород в твердом состоянии под воздействием эндогенных факторов и называется **метаморфизмом**. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические. В физико-химических условиях, отличных от тех, в которых образовались горные породы, происходит изменение их минерального состава, структуры и текстуры. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать **изохимически**, т. е. без изменения химического состава метаморфизируемой породы, и **метасоматически**, т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизируемой породы за счет привноса и выноса вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы, без существенного расплавления пород. Лишь при определенных физико-химических условиях метаморфизм сопровождается частичной или полной кристаллизацией исходных пород. Процессы подобного характера объединяются под названием **ультраметаморфизма**.

В зависимости от интенсивности метаморфических процессов наблюдается постепенный переход от слабо измененных, сохраняющих состав и структуру исходных пород, до глубоко преобразованных пород, первичная природа которых практически утрачена. Метаморфические отложения широко распространены в земной коре.

**Метаморфизм** - процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды. Он реализуется преимущественно путем перекристаллизации пород без существенного плавления под воздействием меняющихся температур, давлений, газовой (флюидной) среды. Преобразуя свой минеральный состав, порода, таким образом, приспосабливается к изменившимся термодинамическим (Т-Р) условиям.

Название термина происходит от греческого слова *metamorpho* – преобразование, превращение. Метаморфическим преобразованием могут подвергаться изначально осадочные, магматические и (повторно) метаморфические породы. При этом исходные породы, как правило, после таких преобразований полностью теряют свой первоначальный облик.

Факторами метаморфизма, т. е. непосредственными причинами преобразования пород, являются: давление (Р), температура (Т), а также растворы и газы (флюиды), пронизывающие толщи горных пород.

**Давление** при метаморфических преобразованиях может быть обусловлено рядом причин: давлением нагрузки вышележащих толщ (литостатическим - Р<sub>л</sub>), динамическим давлением тектонического движения (стрессовым - Р<sub>с</sub>), давлением движущейся магмы (Р<sub>м</sub>), а также давлением поровых (гидротермальных и флюидных) растворов (Р<sub>ф</sub>). Главным среди отмеченных причин следует считать тектоническое или стрессовое давление, способное достигать десятков тысяч атмосфер и распространяться на огромные пространства. При проявлении тектонического или стрессового давления роль нагрузки вышележащих пород может оказаться незаметной, а проявление магматического и порового давления флюидов на таком фоне может повлиять на характер минеральных преобразований лишь локально, в местах их проявления.

**Температура** метаморфических преобразований могут быть обусловлены

несколькими причинами и достигают уровней, когда порода начинает плавиться, т. е. 1000 - 1200 °С. Всегда существует температурный фон, обусловленный глубиной погружения пород, т. е. геотермическим градиентом (Тг), составляющим обычно около 30°/1 км. Однако основные тепловые превращения в породе осуществляются за счет тектонических подвижек (Тс), а также нередко сопровождающих такие движения аномальных глубинных тепловых потоков (Тф). На контакте с магматическими породами преобразование осуществляется за счет прогрева пород очагом остывающей магмы (Тм).

**Гидротермальные растворы и флюиды**, которые способны приносить или выносить различные химические компоненты, могут влиять на характер минералообразования, создавать специфическую окислительную или восстановительную (Еh), а также кислую либо щелочную (рН) среды.

Глубинные флюиды насыщены, прежде всего, парами воды и углекислоты, а также более редкими соединениями водорода, хлора, фтора и др.

### 3.2. Типы метаморфизма

В зависимости от сочетания упомянутых выше факторов выделяются те или иные типы метаморфизма. Наиболее простая схема типов метаморфизма, выделяющихся в зависимости от термодинамических (Р, Т) параметров, показана на рис. 1, а геологические условия их проявления - на рис. 2. Можно говорить о контактовом типе метаморфизма, когда порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а также динамическом, когда основным фактором выступает давление, и динамотермальном, когда проявляются оба фактора одновременно. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления (рис. 2).

**Контактовый тип метаморфизма** проявляется в породах обрамления магматических тел, на контакте с ними, поэтому он называется контактовым. Температура магматических тел колеблется в интервале 800-1200° С, а вмещающие породы, разогреты первоначально за счет геотермического градиента, могут быть относительно «холодными». Ширина зоны (ореол) контактового метаморфизма зависит, главным образом, от объема магматического очага и может достигать нескольких километров. Если вмещающая порода разогрета жильным магматическим телом (пегматитовая жила, дайка гранитоидов и т. д.), то прогретой бывает лишь узкая полоса в несколько метров.

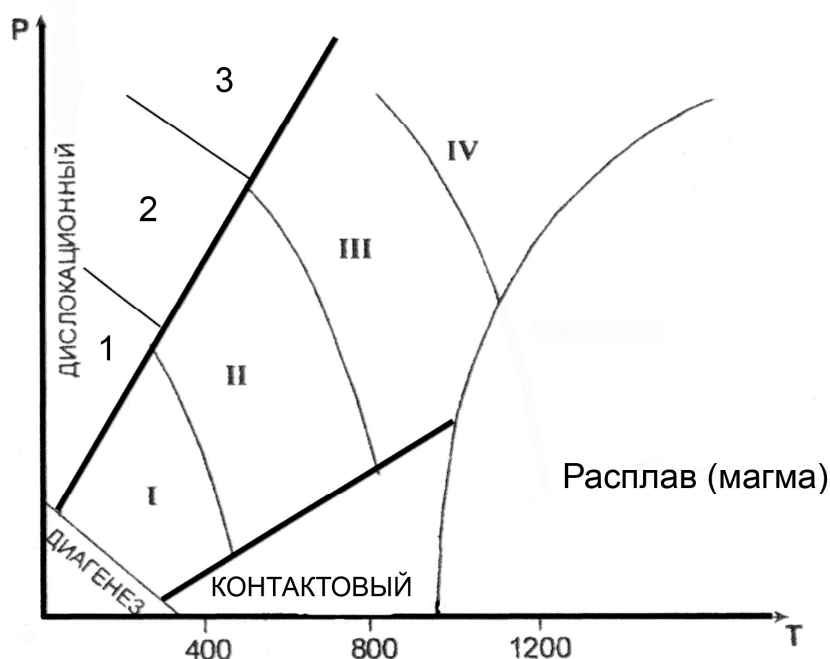


Рис. 1. Типы метаморфизма

Фации умеренного давления: I – зеленосланцевая, II – Эпидот-амфиболитовая, III – амфиболитовая, IV – гранулитовая

Фации высокого давления: 1 – глаукофановая, 2 – дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов, 3 – эклогитовая

Весьма существенную роль при контактовом метаморфизме играет химический состав магмы и вмещающих пород, а точнее, контрастность состава между ними. В случае резкого контраста между многокомпонентной магмой и вмещающими породами на их контакте протекают диффузионные процессы взаимного проникновения, меняющие как состав внешней оболочки магматического тела, так и состав вмещающих пород. Такой процесс перекристаллизации пород, протекающий с существенным изменением их первичного химического состава, называется **метасоматозом**. Обычно метасоматоз сопровождается интенсивной гидротермальной и флюидной проработкой, способствующей привнесу и выносу химических компонентов. Типичными представителями таких контактово-метасоматических процессов (на границе между силикатными магмами и известняками) являются скарны. С другой стороны, в случае, если силикатная магма находится в контакте с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, то формируются роговики – прогретые и перекристаллизованные продукты метаморфизма первичных пород без проявления метасоматоза.

**Дислокационный метаморфизм** протекает в условиях высокого стрессового давления, под воздействием тектонических движений по крупным разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород с

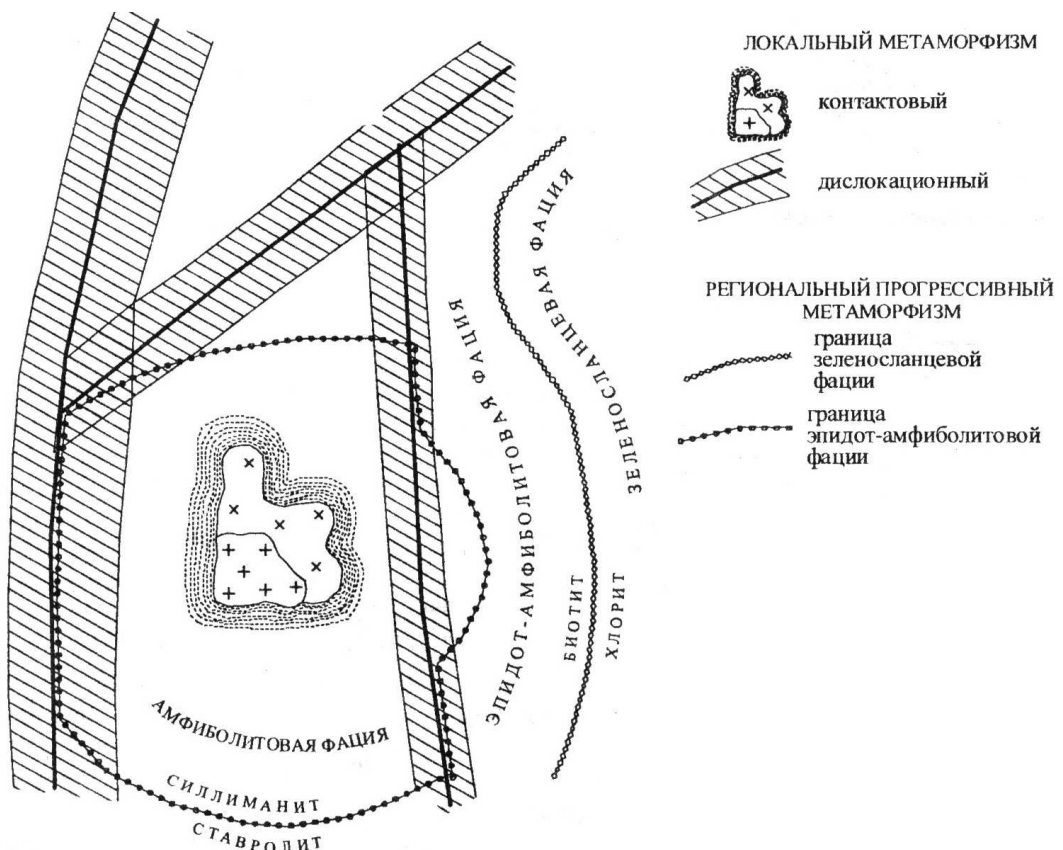


Рис. 2. Схематическая карта метаморфизма



образованием структур катаклаза, а под действием проникающих в ослабленные зоны флюидов (гидротермальных растворов), горные породы подвергаются частичной или полной перекристаллизации и цементации.

Новообразованными минералами - индикаторами высоких давлений являются кианит, глаукофан, пироп, омфацит (пироксен), алмаз. Эти минералы фиксируют давления больших глубин, где всегда имеется и некоторый температурный фон, создаваемый геотермальным градиентом. В приповерхностных условиях можно наблюдать и неперекристаллизованные брекчии, милониты, филлониты.

Процессы контактового и дислокационного типов метаморфизма протекают в ограниченных пространствах, т. е. развиваются локально. Контактный метаморфизм проявляется в виде узкой полосы вокруг магматических тел, а дислокационный – такой же полосой сопровождает тектонические трещины, в связи с чем эти два типа метаморфизма объединяются под общим названием **локальный метаморфизм** (рис. 3).

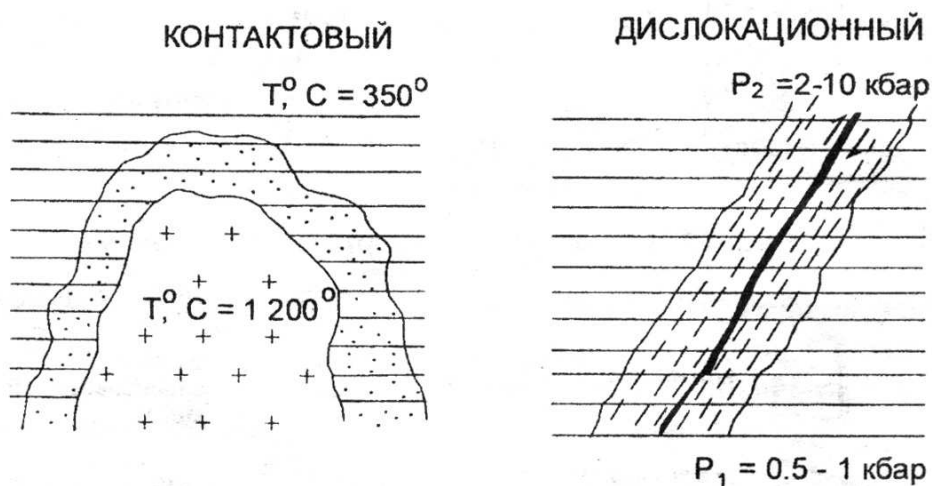


Рис. 3. Локальные типы метаморфизма

В противоположность локальному выделяют **региональный метаморфизм**. Региональный метаморфизм – широкомасштабный процесс, охватывающий огромные территории в пределах подвижных поясов земной коры. Главными его факторами являются температура и давление, а также воздействие воды и углекислоты, содержащихся в исходных породах и способствующих ходу химических реакций. Преобразование горных пород, происходящее на глубине без существенного плавления и метасоматоза, сопровождается перекристаллизацией и развитием новых минералов в условиях расплющивания и пластического течения вещества, что приводит к появлению характерной для метаморфических образований ориентированности (параллельному расположению) минеральных зерен. Породы регионального метаморфизма имеют наиболее широкое распространение.

**Метасоматоз контактовый** – процесс метасоматического изменения горных пород в контакте с интрузивными телами. При метасоматозе возникают как экзометасоматиты, то есть контактовоизмененные вмещающие породы под воздействием внедрившихся в них интрузий, так и эндометасоматиты, являющиеся продуктами изменения самих интрузивных образований при биметасоматических реакциях. Температурный режим этих процессов изменяется от 900 до 300-200 °С. Примерами контактового метасоматоза могут служить скарнообразование, грейзенизация и пр.

## 1.2. Фации метаморфизма

В зависимости от параметров метаморфизма и минерального состава образующихся пород выделяют **фации метаморфизма**, понимая под этим термином совокупности горных пород, минеральный состав которых находится в равновесии при данных условиях метаморфизма.

Для метаморфических пород, в соответствии с типами метаморфизма, выделяют две группы фаций:

- фации умеренных давлений (региональный метаморфизм);
- фации высокого давления (дислокационный метаморфизм).

Метаморфические породы **умеренных давлений** подразделяются на четыре фации. По мере возрастания P-T условий регионального метаморфизма выделяют: 1 – зеленосланцевую фацию; 2 – эпидот-амфиболитовую фацию; 3 – амфиболитовую фацию; 4 – гранулитовую фацию. Название фации определяется по типичной породе, сложенной определенной ассоциацией минералов. В области термодинамических условий гранулитовой (иногда амфиболитовой) фации в породе может отмечаться частичное плавление, такое преобразование называют ультраметаморфизмом. Это переходная зона от метаморфизма к магматизму, сложенная мигматитами.

*Фация зеленых сланцев (зеленосланцевая)* соответствует наиболее низкотемпературной ступени регионального метаморфизма и объединяет породы, сформировавшиеся в температурном интервале 250-450 °C при давлении от 1,5 до 3 кбар. Широкое развитие минералов зеленого, светло-зеленого цвета (хлорита, актинолита, серицита, талька и др.) определило название фации.

*Эпидот-амфиболитовая фация* отвечает более высокотемпературной ступени регионального метаморфизма ( $T = 450-600$  °C,  $P = 3-6$  кбар) и поэтому характеризуются заменой низкотемпературных минералов более высокотемпературными. Граница прорисована линией исчезновения хлорита и замещением его биотитом. В этой фации появляется гранат, эпидот, ставролит, роговая обманка и другие. Наиболее широко распространены кристаллические сланцы с гранатом, биотитом, мусковитом, ставролитом и другие.

*Амфиболитовая фация* представлена гнейсами, амфиболитами, для образования которых требуются уже значительные температуры и давление ( $T = 600-800$  °C,  $P = 4-8$  кбар). При этих условиях исчезает эпидот, ставролит.

При высоком содержании в породах воды наступает частичное их плавление – анатексис с возникновением гранитного расплава, что приводит к образованию мигматитов.

*Гранулитовая фация* отличается наиболее интенсивными параметрами метаморфизма ( $T = 750-1100$  °C,  $P = 6-11$  кбар). Такие условия создавались на больших глубинах, на ранних стадиях развития Земли – архейского и протерозойского эонов. Породы, сформированные в условиях этой фации, почти полностью лишены воды; гидроксилсодержащие минералы в них содержатся редко.

В условиях дислокационного метаморфизма выделяются **фации высокого давления**, которые локализуются в глубинных узких тектонических зонах, формируются в условиях повышенного давления (до 10-20 кбар) и температурах 300-800 °C.

*Глаукофановая фация* является наиболее низкотемпературной и в этом отношении сопоставимой с зеленосланцевой фацией. Эта фация характеризуется развитием различных сланцев, в которых обычно присутствует хлоритоид, фенгит, парагонит, глаукофан.

*Фация дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов* соответствует примерно интервалам температур эпидот-амфиболитовой фации умеренных давлений, но наряду с минералами, свойственными указанной фации появляются новые минералы, индикаторы высокого давления – дистен, омфациит, глаукофан, пироповый гранат, парагонит и ряд других

минералов. Обычными породами этой фации являются дистен-мусковитовые (парагонитовые) сланцы и более высокотемпературные дистеновые гнейсы.

*Эклогитовая фация* включает весьма своеобразные породы, называемые эклогитами. Главными минералами эклогитов является пироксен (омфацит) и гранат (пироп).

### 3.3. Особенности минерального состава метаморфических горных пород

Широкий диапазон термодинамических условий проявления метаморфизма обусловил большое разнообразие минерального состава пород. Кроме того, этот набор минералов зависит от состава исходных пород. Сам механизм перекристаллизации пород, протекающий в твердом виде, представляет собой сложный процесс замещения одних минералов (неустойчивых при новых P-T- условиях) другими, более устойчивыми. При этом важную роль играют поровые флюиды как катализаторы реакций замещения.

Кроме упоминавшихся минералов, входящих в состав магматических пород, выделяется группа минералов, характерных преимущественно для метаморфических пород.

**Тальк** – низкотемпературный чешуйчатый минерал, возникающий при гидротермальной проработке магнезиальных пород. Мягкий, с жирным блеском.

**Хлорит** – низкотемпературный чешуйчатый минерал часто с зеленоватым оттенком. Образуется при гидротермальной проработке основных пород.

**Серпентин** – возникает как продукт гидротермальной проработки ультраосновных пород. Не обладает четко выраженной формой (иногда образует волокнистые агрегаты), серого с зеленоватыми оттенками цвета.

**Серицит** – низкотемпературная, мелкочешуйчатая, наиболее гидроксилнасыщенная разновидность слюды - мусковита. Присутствие в породе серицита обуславливает ее шелковистый блеск.

**Эпидот** – образует призматические кристаллы, лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

**Гранат** – кристаллы изометричные в виде ромбододекаэдров, реже зернистые агрегаты. Цвет – от коричневого до красного. Макроскопически легко узнается по характерному облику кристаллов и цвету.

**Актинолит** – низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты. Цвет светло-зеленый.

**Глаукофан** – разновидность роговой обманки, образующаяся при высоких давлениях. Образует тонколучистые агрегаты. Цвет густо фиолетовый до черного.

**Ставролит** – кристаллы в виде коротких ромбического сечения призм, характерные двойники, напоминающие прямой или косой (угол 60°) крест. Цвет коричневый, красно-бурый до черного. Легко узнается по цвету и двойниковым формам.

**Дистен (кианит)** – кристаллы длинные, уплощенные. Имеет анизотропию твердости. Цвет голубой или синий.

### 3.4. Текстуры и структуры метаморфических горных пород

Текстуры и структуры метаморфических пород зависят от специфических физических условий их образования. Эти условия отличаются от термодинамических параметров кристаллизации магматических пород, для которых действует в полной мере известный закон Паскаля, обеспечивающий при любом направленном тектонических движений одинаковое давление во все стороны. Этим условием обеспечивается повсеместная массивная текстура глубинных магматических пород. Слюды в гранитах, например, благодаря действию закона Паскаля, не ориентированы в одном направлении.

Метаморфические процессы не достигают условий плавления, поэтому породы изменяются в твердом или пластичном состоянии, когда закон Паскаля работает лишь частично или не проявляется вовсе. Для регионального метаморфизма, например, ориентированное давление влияет на форму возникающих минералов, а также на их параллельную или субпараллельную ориентировку. Поэтому у низкотемпературных продуктов регионального метаморфизма отмечают, как правило, **сланцеватые текстуры** с параллельным и субпараллельным расположением вытянутых, уплощенных или чешуйчатых минералов.

С повышением температуры, в условиях амфиболитовой фации, когда вещество начинает проявлять пластические свойства, а значит, частично проявляется закон Паскаля, четкая ориентировка удлиненных, уплощенных минералов постепенно исчезает, т. к. давление становится, до определенной степени, всесторонним. Такая текстура со слабо выраженной ориентировкой минералов называется **гнейсовой**, по названию главного и типичного представителя пород амфиболитовой фации - гнейса.

Максимальное проявление закона Паскаля достигается в условиях гранулитовой фации, поэтому ее продукты не несут следов ориентировки минералов, а текстура называется **массивной** как у глубинных магматических пород.

Так как региональный метаморфизм протекает в условиях тектонического давления, то сланцеватые текстуры могут усложняться мелкой складчатостью. Тогда такая текстура называется **плойчатой**. Нередко метаморфические процессы высокотемпературных фаций сопровождаются расслоением первично однородной массы на слои контрастного минерального состава. Образуются темно-окрашенные (с амфиболом, слюдами) и светлоокрашенные (с кварцем, полевым шпатами) слои. В этом случае говорят о **полосчатой** текстуре пород.

Более широкий диапазон текстур характерен для продуктов локального (контактового и дислокационного) метаморфизма. Для скарнов, роговиков, березитов, лиственитов, мраморов, образующихся при контактовом метаморфизме без проявления тектонического (стрессового) давления, наиболее часто отмечается **массивная** текстура, хотя может встречаться пористая, ноздреватая, пятнистая и другие.

Структурные особенности метаморфических пород также в существенной степени определяются Р-Т условиями среды минералообразования. Очевидно, что в условиях полной анизотропии среды, когда относительно «холодная» твердая порода подвергается тектоническому направленному сжатию, легче кристаллизоваться и расти чешуйчатым минералам, которые относительно легко могут наращивать свой размер вкрест, перпендикулярно вектору давления. В то же время в условиях изотропной среды гранулитовой фации, когда давление становится всесторонним, возникают благоприятные условия для кристаллизации изометричных, объемных минералов.

Так как для метаморфических процессов отмечается тесная обусловленность внешними факторами формы минералов, эта особенность заложена в понятие структуры (в противоположность магматическим и осадочным породам, где в понятие структуры вкладывается не форма, а размер минералов, зерен и т. д.). Форма минералов, а значит и структура породы, совместно с ее текстурными особенностями позволяют восстанавливать Р-Т условия образования продуктов метаморфизма.

Конкретные названия структур определяются несколькими латинскими названиями упомянутых форм минералов: лепидос - чешуйка; нематос - нить, иголка; гранос - зерно. Кроме того, следует помнить, что метаморфизм – процесс постоянного обновления минерального состава породы, все минералы вновь выросшие, возникшие. Этот процесс называется бластезом (от греческого «бластос» – росток). В итоге структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих ее минералов, могут называться: лепидобластовая, гранобластовая, нематобластовая, либо более сложными комбинированными названиями: лепидо-гранобластовая, немато-гранобластовая или лепидо-немато-бластовая т. д.

**Гранобластовая структура** чаще отмечается для пород амфиболовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

**Лепидобластовая** характерна обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов – серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

**Нематобластовая** в чистом виде встречается редко (амфиболиты, актинолитовые сланцы) и отличаются наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, кианит, рутил).

Иногда в породе отмечаются разнозернистые агрегаты, когда один из новообразованных минералов резко выделяется по размеру среди остальных. В этом случае можно говорить о **порфиробластовой** структуре.

Значительно меньшую информацию об условиях образования несут структуры контактового метаморфизма, продукты которого чаще всего обладают **кристаллобластовыми** структурами.

Среди пород регионального метаморфизма имеется два характерных исключения. В зависимости от P-T условий различные формы минералов возникают лишь в том случае, если в исходном химическом составе имелись в наличии необходимые породообразующие компоненты, позволяющие строить все многообразие решеток минералов (чешуйчатых, игольчатых, зернистых). Среди осадочных пород известны две мономинеральные, а значит простые по составу, образования - известняки ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) и кварцевые пески ( $\text{SiO}_2$ ). При метаморфизме эти простые по составу породы не способны формировать игольчатые, чешуйчатые и другие, кроме зернистых, формы. Поэтому известняки при метаморфизме переходят в мономинеральную (с одним кальцитом) породу – мрамор с возможным укрупнением зерна по мере роста температуры. Аналогично ведут себя кварцевые пески, которые способны образовать только зернистый агрегат кварцита. Так как отмеченные породы не способны реагировать на давление изменением формы зерен, то для них, обычно, трудно восстановить тип метаморфизма – региональный или контактовый.

### **3.5. Методика выполнения лабораторной работы**

Основная цель лабораторной работы – знакомство с метаморфическими горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом. Студенты должны научиться определять продукты разных типов метаморфизма (регионального, термального и дислокационного) и, при возможности, устанавливать их исходный состав (эдукт).

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте).

Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (P-T- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

## Часть 4

# ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

### 4.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

#### 4.1.1. Литогенез

Формирование осадочных пород представляет собой сложный и длительный процесс, связанный с экзогенными процессами. В образовании осадочных пород выделяют следующие стадии: 1) образование исходного осадочного материала; 2) перенос осадочного материала; 3) накопление осадка (седиментогенез); 4) преобразование осадка в осадочную породу (диагенез); 5) изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начала выветривания (катагенез). Процесс формирования осадочной породы, начиная от образования исходного материала и заканчивая превращением осадка в породу, носит название литогенеза. Крупный вклад в изучение этого процесса внесли советские учёные Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, Г. Ф. Крашенинников, Н. Б. Вассоевич, Л. Б. Рухин, Н. В. Логвиненко, Т. А. Лапинская и др.

Исходным материалом осадочных пород служат продукты разрушения магматических, метаморфических и ранее образовавшихся осадочных пород на поверхности Земли. Разрушаются горные породы и входящие в их состав минералы в результате экзогенных процессов, причём основная масса продуктов разрушения образуется в результате выветривания. Под действием поверхностных вод и в меньшей степени ледников и ветра продукты разрушения переносятся к областям седиментации (осадконакопления). Весь этот материал, находящийся на стадии переноса, при соответствующих условиях рельефа и геохимической обстановки может перейти в осадок. При этом начинается третья стадия образования породы - седиментогенез, или накопление осадка. Осаждение частиц может быть временным, когда частицы вновь подхватываются движением среды, или окончательным, когда происходит накопление осадка, т. е. постепенное закрепление частиц на дне.

Подавляющая масса осадков накапливается в конечных водоёмах стока - озёрах и, главным образом, морях. Такие осадки называют субаквальными. В отличие от них осадки, накапливающиеся на суше, вне водной среды, называют субаэральными. В конечных водоёмах стока в зависимости от характера поступающего материала, а также от гидродинамического и гидрохимического режимов формируются осадки трёх типов: обломочные, органогенные и хемогенные. Характерно, что породы биогенного происхождения встречаются только в толщах субаквальных отложений. Субаэральные отложения обычно представлены только обломочными и хемогенными образованиями, отличными по своим свойствам от тех же разностей, сформировавшихся в субаквальных условиях. На стадии седиментогенеза закладываются такие важные свойства осадка, как минеральный состав, размер и форма слагающих его частиц, слоистость. Следующим этапом формирования породы является стадия диагенеза. Диагенез - совокупность процессов, преобразующих осадок в осадочную породу. Свежесформированные осадки обычно образуют рыхлые, сильно обводнённые слои, насыщенные разнообразными химически активными соединениями. Кроме минеральных веществ в осадке присутствует органическое вещество в виде остатков отмерших организмов и живые бактерии.

Только что образовавшийся осадок представляет собой рыхлое или текучее тело, обильно обводнённое, богатое микроорганизмами и состоящее из весьма разнообразного материала, частью твёрдого, частью жидкого и газообразного. Главная особенность свежесформированного осадка - отсутствие равновесия между входящими в его состав реакционноспособными соединениями. Из-за неравномерности свежий осадок представляет собой неустойчивую физико-химическую систему. Так, в осадке имеется

много кислорода и богатых им веществ, здесь же - живые организмы, нуждающиеся в кислороде для своего существования, и органическое вещество, которое способно к окислению и сгоранию. Пропитывающая иловый осадок вода по составу почти не отличается в первый момент от воды наддонной. Эта вода не насыщена карбонатами, кремнеземом, фосфатами и другими компонентами; в то же время в осадке много биогенно осажденных или перенесенных в виде взвеси кальцита, магнезита, кремнезема и других веществ. В состав глинистых минералов в виде примеси входят также поглощенные ими катионы многих металлов.

После фиксации осадка на дне естественно начинается процесс уравнивания этой системы. Физико-химическое равновесие достигается при процессах обезвоживания, разложения органических остатков, уплотнения и цементации осадков, образования конкреций.

Стадией диагенеза заканчивается процесс собственно формирования осадочной горной породы. Она продолжает существовать в земной коре до тех пор, пока находится в термодинамических условиях, характерных для верхних горизонтов. Однако и здесь осадочная горная порода не остаётся неизменной. Наступает стадия катагенеза. Катагенез — это совокупность процессов, изменяющих осадочную породу в период её существования до начала метаморфизма или выветривания. В отличие от диагенетических процессов, обусловленных внутренней неуравновешенностью осадка, причиной катагенеза является отсутствие равновесия между породой и средой, в которую она попадает в результате прогибания или подъёма участков земной коры. Основными факторами катагенеза являются температура и воздействие подземных вод. В целом процессы катагенеза протекают менее интенсивно, чем диагенетические, но зато чрезвычайно длительны и приводят к заметным результатам, а именно: уплотнению и обезвоживанию, растворению и выносу ряда минералов подземными водами, перекристаллизации минералов в осадочной породе.

#### **4. 1.2. Химический и минеральный составы осадочных пород**

Осадочные горные породы состоят из различных по составу и происхождению компонентов: аллотигенных, органических остатков разного типа и вулканогенного материала.

Аллотигенные (привнесённые извне) компоненты составляют основную массу обломочных и некоторых глинистых пород и представляют собой обломки и частицы пород и минералов различного размера. Как правило, в осадочных породах встречаются обломки наиболее устойчивых минералов и пород. Главным образом это кварц, затем следуют полевые шпаты, слюды, пироксены, амфиболы.

Аутигенные (образовавшиеся на месте нахождения) компоненты образуются за счёт выделения минерального вещества из природных растворов или в результате обменных и других реакций либо в воде бассейна осадконакопления, либо в осадочной горной породе. Наибольшее значение из них имеют глинистые минералы, карбонаты, сульфаты, соли, оксиды и гидроксиды Fe, Mn, Al, Si, а также фосфаты. Эти минералы слагают основную массу хемогенных и часть глинистых пород, а также широко распространены в цементах обломочных пород и конкрециях.

Органические остатки. В осадочных горных породах присутствуют органические останки или следы жизнедеятельности организмов. Это обломки раковин или скелетных частей различных животных и растительных организмов. В породах биогенного происхождения органические останки являются преобладающим компонентом, а в некоторых случаях породы целиком сложены ими (ракушняки, известняки, мел и др.).

В значительной части современных осадков присутствует вулканогенный материал в виде обломков вулканического стекла и эффузивных пород. Вулканогенный материал попадает в осадки обычно как примесь вулканического пепла, песка и более крупных

образований при извержениях. При этом название породы состоит из двух слов, например, туфогенный песчаник. Следует иметь в виду, что прилагательное в этом словосочетании (в данном случае «туфогенный») означает, что вулканогенного материала в породе меньше, чем терригенного. В песчаном туфе меньше терригенного материала, чем вулканогенного.

### **3.2. Классификация осадочных горных пород**

Общепризнанных классификаций осадочных горных пород нет, что связано, прежде всего, с разнообразием процессов и факторов, контролирующих образование осадков. В нашей стране распространением пользуется классификация осадочных пород, предложенная в 1958 г. М. С. Шевцовым, в основу которой положено, с одной стороны, их происхождение, а с другой - их химический и минеральный составы. Упрощенная классификация осадочных пород приведена в виде таблицы.

По генетическим признакам среди осадочных горных пород выделяют три главные группы.

1. Терригенные (обломочные) породы образуются в результате механического разрушения ранее существовавших горных пород и накопления обломочного материала. К ним относят песчаники, гравелиты, конгломераты, а также их не сцементированные и неокатанные разновидности: пески, гравий, дресву, галечник и щебень. В эту же группу входят глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород, а также переотложения глинистых минералов, освободившихся при выветривании глинистых толщ и тончайшего дробления химически стойких минералов.

2. Органогенные породы, которые образуются в результате жизнедеятельности организмов (коралловые постройки) и их отмирания (кости рыб, зубы акул и т. д.). В отдельную группу выделяют каустобиолиты, образующиеся из растительных и животных (планктон) останков, преобразованных под влиянием биохимических, химических и других геологических факторов и обладающих горючими свойствами. Это - угли, торф, сапрпель и др.

3. Хемогенные породы, образующиеся при химическом разрушении, растворении минералов материнских пород и последующем выпадении новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Более детальное подразделение осадочных пород в пределах выделяемых генетических групп производится по вещественному и минеральному составам. Терригенные осадочные горные породы по размеру обломков (частиц) подразделяют на грубообломочные (псефиты), песчаные (псаммиты), пылеватые (алевролиты) и глинистые (пелиты). По характеру связи (цементации) обломочного материала их подразделяют на сцементированные и несцементированные (рыхлые).

При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав.

### **3.3. Текстуры и структуры осадочных горных пород**

Строение осадочных пород характеризуется текстурой и структурой.

Текстура - это общий рисунок породы, черты ее строения, определяемые способом заполнения пространства, характером сочетания между собой элементарных частиц (минералов, зерен, обломков). Текстура породы формируется с этапа накопления осадка. Возникшие в процессе осадконакопления первичные текстуры отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты её взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры возникают в уже сформировавшейся породе при процессах диагенеза и гипергенеза.



Структура осадочной породы - это особенности её строения, которые определяются размером, формой, степенью однородности составных частей, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков. Элементы структуры породы формируются на протяжении всех этапов образования и жизни породы.

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их слоистая текстура. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков. Любые перемены этих условий вызывают либо изменение отлагающегося материала, либо обстановку в его поступлении, что внешне выражается в появлении слоев.

#### Классификация осадочных горных пород

ТЕРРИГЕННЫЕ			
Структура	Рыхлые, несцементированные		Сцементированные
	неокатанные	окатанные	
псефитовая	Глыбы Щебень Дресва	Валуны Галечник Гравий	>50 Конгломераты 10 Гравелит > 1-10
псаммитовая	Песок		Песчаник 0,1-1,0
алевритовая	Алевриты		Алевролиты 0,01 -ОД
пелиговая	Глины		Аргшшпы <0,01
ОРГАНОГЕННЫЕ			
Название		Химический состав	
Известняки, мел		CaCO <sub>3</sub>	
Доломит		CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Опоки, трепела		SiO <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	
Сапропелиты, торф, уголь		Органические соединения углерода	
ХЕМОГЕННЫЕ			
Название		Химический состав	
Соли галоидные: галит сильвин Соли сернокислые: гипс ангидрит Соли фосфатные: аптит Бурые железняки Бокситы		NaCl KCl CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O CaSO <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O, Al(OH) <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>	

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), и отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разновидностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размера обломочных частиц и вещественного состава пород либо ориентировкой осадочного материала.

Для осадочных пород характерна также пористая текстура, характеризующая степень её проницаемости. По степени пористости выделяют следующие породы:

микропористые, в которых пористость не заметна на глаз, но устанавливается специальными методами;

мелкопористые, в которых можно различить мелкие частые поры;

крупнопористые - с колебанием размера пор в пределах от 0,5 до 2,5 мм;

кавернозные имеют крупные поры (каверны) на месте выщелоченных раковин и остатков других организмов, а также отдельных частей горной породы.

Для однородных, преимущественно зернистых хемогенных и органогенных пород, характерны массивные текстуры. Все несцементированные осадочные горные породы имеют рыхлую текстуру.

Структура осадочных пород отражает их происхождение. Структуры осадочных пород определяются, главным образом, размером и отчасти формой слагающих их частиц. По величине обломков для терригенных горных пород (мм) выделяют такие структуры, как: галечная (окатанные обломки) - 10 - 100; щебеночная (остроугольные обломки) - 10

- 100; гравийная (окатанные обломки) - 1 - 10 ; дресвяная (остроугольные обломки) — 1-10; псаммитовая -0,1-1; алевролитовая — 0,01 - 0,1; пелитовая - < 0,01.

Для хемогенных пород (известняки, доломит, гипс) характерна кристаллически-зернистая структура. В зависимости от размера слагающих породу зерен выделяют крупнозернистую (преобладают зерна величиной 1,0 -0,5 мм), среднезернистую (0,5 - 0,25 мм), мелкозернистую структуры (0,25 -0,1 мм), иногда, когда порода плохо отсортирована, выделяют разнозернистую структуру.

Оолитовая структура наблюдается в случаях, когда в породе в массовых количествах присутствуют мелкие шаровидные стяжения (оолиты) различного размера (боксит, оолитовый известняк).

Структуры пород, в составе которых большое участие принимают остатки организмов (свыше 20 - 30 % объема породы), определяются степенью сохранности этих останков и их количеством. Выделяются следующие структуры: биоморфная - в случае хорошей сохранности скелетных остатков организмов; детритовая - порода почти полностью состоит из скелетных обломков размером крупнее 0,1 мм.

Осадочные породы имеют самую разнообразную окраску и оттенки. При этом иногда окраска является признаком, характерным для определения этих пород, и зависит: 1) от окраски минералов, слагающих пород; 2) окраски рассеянных в породе примесей и цемента; 3) цвета тончайшей корочки, часто обволакивающей зерна составляющих породу минералов. Белый и светлосерый цвета обычно обусловлены окраской главных минералов осадочных пород (кварца, каолинита, кальцита, доломита и др.) и свидетельствует до некоторой степени о чистоте породы. Темно-серый и черный цвета чаще всего появляются в результате примеси углеродистого вещества и, реже, оксидов и гидроксидов марганца. Красный и розовый цвета связаны с примесью в породе оксидов железа, а зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствия минералов с зеленой окраской - чаще глауконита, реже хлорита и малахита.

### **4.3. Методика выполнения практической работы**

Основная цель практической работы - знакомство с осадочными горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее.

При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента.

Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обуславливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

Проректор по учебно-методическому комплексу \_\_\_\_\_



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Автор: Огородников В. Н., д.г.-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры  
геологии

\_\_\_\_\_  
(название кафедры)

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Огородников В.Н.

\_\_\_\_\_  
(Фамилия И.О.)

\_\_\_\_\_  
Протокол № 1 от 24.09.2021

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией  
Факультета геологии и геофизики

\_\_\_\_\_  
(название факультета)

Председатель \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Бондарев В.И.

\_\_\_\_\_  
(Фамилия И.О.)

\_\_\_\_\_  
Протокол № 2 от 07.10.2021

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Екатеринбург  
2021

## Введение

**Естественные науки** – совокупность наук о природе. Природа – в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; объект естествознания. К естественным наукам относятся и география, и геология. **География** – система естественных – физико-географических и общественных – экономико-географических наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты. **Геология** – комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли (Советский энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979).

В школьных программах нет дисциплины «Геологии». Элементарные сведения о Земле как планете и ее внутреннем строении школьники получают на уроках «Географии» в 6 и 7 классах. Для изучения геологических вопросов рекомендуем самостоятельно читать учебники по геологии. В настоящее время выпущено огромное число самых различных учебников, учебных пособий, методических указаний по всем направлениям геологических наук. Любой желающий по своему усмотрению без особого труда может для себя их приобрести. Но следует помнить афоризм Козьмы Пруткова: «Никто не обнимет необъятного!» Нельзя школьникам сразу преподносить геологические знания в объеме читаемой в высшей школе, но знать основы геологии необходимо каждому грамотному человеку для того, чтобы понимать историю развития природы. Без этих знаний невозможно понять процесс формирования как прошлых, так и современных ландшафтов – важнейших составных частей географической оболочки Земли.

Для квалифицированного подхода к встрече с природными объектами рекомендуем иметь элементарные познания по геологии. Аннотации первоочередных лекций приведены в настоящих методических указаниях.

Геология – это наука о Земле, о ее свойствах и изменениях, происходящих на ней в настоящее время, а также совершившихся во времена прошедшие. Геология – это история Земли, и эту историю она сама записывает. Она сама ведет свою автобиографию; ведет ее без перерыва почти от начала своего образования и до настоящего времени, записывая ее на своих каменных страницах, и человеку остается лишь научиться читать эту занимательную каменную летопись, научиться понимать эти каменные письма, в которых буквами являются попадающиеся нам под ноги камешки, а чернилами – воды ручьев, рек и морей. Вначале мы должны научиться различать буквы – камни, потом должны постигнуть самый процесс чтения записей Земли, для этого должны изучать геологические процессы, и лишь после того, как мы хорошо освоимся с ними, мы можем приступить к чтению древних страниц этой летописи. В этой великой многотомной летописи Вселенной всякая летопись человека, будь то самый древний папирус, является лишь одной незначительной строчкой, помещенной в конце ее последней страницы. Читая эту великую автобиографию, мы уносимся в бесконечно отдаленные от нас, неизмеримые даже тысячелетиями, времена. Эти далекие времена отдалены от нас во времени так, как отдалены от нас в пространстве далекие, загадочно мерцающие звезды.

Но где и как можно научиться читать эту великую летопись Земли? Где и как надо изучать геологию? Везде и всюду – в каждом овраге, в каждой речке, в любом карьере можно наблюдать результаты геологических процессов. Для изучения геологических процессов необходимо принимать участие в геологических экскурсиях, проходящих по геологическим объектам, доступными непосредственно нашему наблюдению.

## 1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

### 1.1. НАУКА О ЗЕМЛЕ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Два греческих слова "гео" — Земля и "логос – учение позволяют трактовать термин "геология" как науку о Земле. Однако в наше время ограничиться таким простым толкованием уже нельзя, поскольку этот термин объединяет в себе целый комплекс самостоятельных направлений, как фундаментальных, так и прикладных.

Под **фундаментальными** обычно понимают те направления, которые разрабатывают понятия, открывают явления, закономерности, свойства, определяющие развитие геологии как науки. Фундаментальность не следует отождествлять с теоретическими разработками. К фундаментальным геологическим наукам могут быть отнесены следующие дисциплины: геохимия, минералогия, петрография, геотектоника, общая геология и историческая геология. Названные дисциплины занимаются различными уровнями организации вещества Земли в пространстве и во времени. Именно это обстоятельство в основном и определяет фундаментальность каждого из названных направлений. Все они теснейшим образом связаны между собой.

К **прикладным направлениям** принято относить те, которые непосредственно работают на производство: создают приёмы, методы, технологию геологических исследований, связанных в первую очередь, с поисками и разведкой полезных ископаемых, а также охраной и рациональной эксплуатацией земных недр. Их в современной геологии значительно больше, чем фундаментальных. Назовём лишь несколько: региональная геология, структурная геология, геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, инженерная геология.

### 1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

**Объектом общей геологии** является Земля в целом: её возникновение как планеты, формирование внутренних и внешних оболочек, их функционирование и взаимодействие. Иными словами, речь идёт об изучении Земли как геологической системы.

**Предметом непосредственного изучения геологии** служат минералы, горные породы, ископаемые органические остатки и современные геологические процессы.

В основе научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого лежит **метод актуализма**. При использовании этого метода к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с осознанием того, что в прошлом, особенно отдалённом от современности, и физико-географическая обстановка, и сами процессы отличались от современных тем больше, чем больше отдалена от нас прошлая геологическая эпоха.

### 1.3. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Огромное значение, которое имеет геология, может быть рассмотрено в двух аспектах - общенаучном и народнохозяйственном.

**Общенаучное значение геологии** заключается в её неопределимой роли в формировании материалистического понимания природы. Данные геологии играют важную роль в диалектико-материалистическом обосновании философских принципов, отражающих материальное единство мира и его развитие,

**Практическое значение геологии** заключается в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами различных отраслей хозяйства, в инженерно-геологическом обосновании строительства разнообразных гражданских и промышленных объектов, в решении питьевого и технического водоснабжения.

## 1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

Геология зародилась в глубокой древности. Задолго до новой эры человек научился выплавлять металлы, использовать минеральную воду. Издавна привлекали внимание человека и природные процессы. Однако временем возникновения геологии как науки принято считать вторую половину ХУШ в. – период зарождения и бурного развития горнодобывающей промышленности. В России основоположником обобщений геологических знаний стал М.В. Ломоносов (1711-1765), в Западной Европе – Д.Геттон (1726-1797) и А.Г.Вернер (1750-1817).

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

### 2.1. ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

"Вселенная, весь мир, бесконечный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека, её познающего. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз (БСЭ, т.5, с. 1315). Доступная для изучения часть Вселенной называется **Метагалактикой**, включающей свыше миллиарда звёздных скоплений, или **галактик** (греч. "галактика" - молочный, млечный).

**Наша Галактика Млечного Пути** - типичная звездная система с массой около  $10^{10}$  масс Солнца относится к типу спиральных и включает свыше 150 миллиардов звёзд. С Земли, расположенной внутри Галактики, Млечный Путь представляется в виде широкой белёсой полосы звезд, пересекающей небо. Период обращения Солнца и звёзд вокруг центра Млечного Пути 200 млн. лет. Возраст Галактики около 12 млрд. лет. Когда речь идёт о Солнечной системе, то имеется в виду Солнце и всё, что находится в поле его тяготения. К наиболее крупным телам этой системы относятся 9 планет, 34 их спутника, многочисленные кометы и астероиды. Согласно современным космогеническим представлениям Земля и другие планеты Солнечной системы образовались 4,6 млрд. лет назад почти одновременно с Солнцем.

Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите на среднем расстоянии 149,6 млн. км (144,117 млн. км в перигелии, 152,083 в афелии), период обращения 365,242 средних солнечных суток (год), скорость в среднем 29,765 км/с (30,27 км/с в перигелии, 29,27 км/с в афелии). Период обращения Земли вокруг оси 23 час 56 мин 4,1 с (сутки).

Пожалуй, все согласны с тем, что исходным веществом для формирования Солнечной системы послужили межзвёздная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Но каким образом в их составе оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность остается дискуссионной проблемой. Следующая стадия образования Солнечной системы предусматривает распад протопланетного диска на отдельные планеты внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Промежуточной фазой было образование сонма твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел, именуемых планетезиμαлиями, последующее скопление и соударение которых и явилось процессом аккреции (наращивания) планеты. Этот процесс занял не более сотни миллионов лет, т.е. был с геологической точки зрения очень быстрым.

Важнейшее отличие Земли от других планет Солнечной системы - существование на ней жизни, появившейся 3-3,5 млрд. лет назад и достигшей с появлением человека (12 млн. лет назад) своей высшей формы.

## 2.2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

*Под фигурой, или формой Земли*, понимают форму ее твердого тела, образованную поверхностью материков и дном морей и океанов. Форма планеты определяется ее вращением, соотношением сил притяжения и центробежной, плотностью вещества и его распределением в теле Земли. Геодезические измерения показали, что упрощенная форма Земли приближается к *эллипсоиду вращения (сфероиду)*. В СССР в качестве эталона в 1946 году был принят эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А.Изотов, и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций. По этим данным экваториальный радиус равен 6378,245 км, полярный радиус 6356,863 км, полярное сжатие 1/298,25.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

В связи с расчлененностью рельефа (наличием высоких гор и глубоких впадин) действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина - 11 034 м - обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал геоидом, что дословно обозначает «землеподобный». **Геоид** — некоторая воображаемая уровневая поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней будет всегда перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой проводится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100-150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах, что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.

## 2.4. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами. Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, керн глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры. Глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическими, гравиметрическими, магнитометрическими и др. Одним из важнейших методов является сейсмический, основанный на изучении скорости распространения упругих волн, вызванных естественными и "искусственными" землетрясениями.

На основании скорости распространения сейсмических волн австралийский сейсмолог К. Буллен разделил Землю на ряд зон, дал им буквенные обозначения в определенных усреднённых интервалах глубин, которые используются с некоторыми уточнениями до настоящего времени.

Выделяются три главные области Земли:

**Земная кора** (слой А) - верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35- 40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50 - 75км под горными сооружениями ( наибольшие под Гималаями и Андами).

**Мантия Земли** распространяется до глубин 2900км. В её пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400км и С - до 800 - 1000км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2900 с переходным слоем от 2700 до 2900км.

**Ядро Земли** подразделяется на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900 - 4980км; переходную оболочку - слой Г - от 4980 - 5120км; и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.

**Земная кора** - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Она представляет собой наиболее активный слой твердой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли,

**Мантия Земли** является самым крупным элементом Земли - она занимает 83% ее объема и составляет около 66% ее массы.

**Верхняя мантия** характеризуется резким нарастанием скорости распространения сейсмических волн с глубиной. Выделяется два слоя: В (35-420 км), С (420-1000 км). Внутри слоя В, с глубин 80-100 км под материками и 50-70 км под океанами и до глубин 250-300 км, выделяется слой пониженной вязкости, который носит название *астеносферы*. Астеносфера выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости, поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности. Повышенная вязкость астеносферы обусловлена, по-видимому, высокой температурой, приводящей, как полагают, к частичному выплавлению базальтовой магмы. Астеносфера играет важную роль в эндогенных процессах, протекающих в земной коре.

Земная кора вместе с твердой частью слоя Гутенберга образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется *литосферой*. По существу литосфера является своеобразной геосферой, отделенной от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Земная кора и верхняя мантия включая астеносферу, представляют собой *тектоносферу* - область Земли, где происходят тектонические явления.

### 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

#### 3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Под воздействием внутренних, или *эндогенных*, и внешних, или *экзогенных*, сил земная кора испытывает постоянные изменения, которые называются *геологическими процессами*. Соответственно различают эндогенные и экзогенные процессы.

**Эндогенные процессы** определяются глубинными источниками энергии. В результате на поверхности Земли образуются горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения, землетрясения. Эндогенные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием.

**Экзогенные процессы** развиваются на поверхности Земли за счёт энергии Солнца, и их интенсивность связана с активностью атмосферных явлений, геологической деятельностью поверхностных и подземных вод, озер, ледников, морей и океанов.

Сформировавшийся под воздействием эндогенных процессов рельеф молодых горных областей подвергается воздействию экзогенных сил, направленных на



сглаживание, выравнивание рельефа. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы развиваются одновременно, связанно и взаимно обусловленно.

К эндогенным процессам относятся тектонические движения, магматизм и метаморфизм.

### 3.2. ТЕКТНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Совокупность тектонических движений и деформаций, под воздействием которых формируются геологические структуры, называется тектоническими процессами, или *тектогенезом*. Тектонические движения – механические перемещения масс горных пород различного масштаба, сопровождающиеся изменениями их залегания и строения, а также связанными с этими изменениями деформациями (дислокациями). Тектоническим движениям принадлежит ведущая роль в развитии всех геологических процессов, так как они обуславливают перераспределение и трансформацию внутренней энергии Земли, влияют на изменение давления, интенсификацию теплопотока и т.д.

Упрощенно в зависимости от интенсивности, преимущественной направленности и геологических результатов тектонические движения можно разделить на две основные группы - *колебательные и дислокационные*.

### 3.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЗМА

*Магматизмом* называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы из недр Земли к ее поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии, главным образом в астеносфере. Подъем магмы и прорыв ее в вышележащие горизонты происходят вследствие инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, но мобильного расплава. Магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При *интрузивном магматизме* (плутонизме) магма не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие вышележащие породы, частично расплавляя их, и застывает в трещинах и полостях коры. При *эффузивном магматизме* (вулканизме) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры, судя по экспериментальным данным и результатам изучения минерального состава магматических пород, находятся в пределах 700-1100°C.

Измеренные температуры магм, излившихся на поверхность, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100°C, изредка достигая 1350°C. Более высокая температура наземных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного кислорода. На больших глубинах в магме в растворенном состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов (H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%. Они являются химически очень активными подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению.

### 3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм - преобразование горных пород под действием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и

ранее образовавшиеся метаморфические. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать *изохимически*, т. е. без изменения химического состава метаморфизируемой породы, и *метасоматически*, т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизируемой породы за счет привноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород обычно происходит в процессе перекристаллизации вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы.

Метаморфизм представляет собой сложное физико-химическое явление, обусловленное комплексным воздействием температуры, давления и химически активных веществ.

### 3.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные геологические процессы в отличие от эндогенных протекают в самых верхних слоях земной коры на её границе с внешними геосферами Земли. Их энергетической основой является энергия солнечной радиации и сил гравитации. Экзогенные процессы протекают при нормальных значениях температуры и давления с поглощением тепла и направлены на дифференциацию вещества земной коры. Выделяют четыре группы (стадии) экзогенных геологических процессов: выветривание, денудацию, аккумуляцию, диагенез.

**Выветривание** (нем. "веттер" - погода) представляет собой процесс глубокого изменения магматических, метаморфических и осадочных горных пород и минералов, оказавшихся неустойчивыми в условиях земной поверхности. Изменение физического и химического состояния первичных минералов и горных пород происходит в месте их залегания в результате физического, химического и биологического воздействия воды, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов, а также непосредственного воздействия солнечной радиации.

**Денудация** (лат. "денудацио" - обнажение) - это совокупность процессов удаления (сноса и переноса) продуктов выветривания с места их образования и непосредственного разрушения горных пород агентами денудации (силы гравитации, воды континентов, морей и океанов, ветер, ледники). Перемещая материал с возвышенностей в пониженные участки рельефа, денудационные процессы приводят к разрушению земной поверхности и образованию выровненных форм рельефа.

**Аккумуляция** (осадконакопление) - геологические процессы, в результате которых рыхлые продукты разрушения первичных горных пород накапливаются в понижениях рельефа: в речных долинах, озёрах, болотах, морях и океанах.

**Диагенез** (перерождение) представляет собой сложный процесс преобразования продуктов экзогенной деятельности (осадков) в осадочные горные породы под влиянием гравитационных сил и изменения физико-химических условий в приповерхностной части земной коры.

Все экзогенные геологические процессы тесно взаимосвязаны. Благодаря выветриванию происходит подготовка материала для денудации, а сами продукты выветривания, оставшиеся на месте, являются материалом для образования новых горных пород.

Основными результатами экзогенных геологических процессов являются изменения вещественного состава верхней части земной коры, дифференциация вещества по физическим и химическим свойствам, создание толщ осадочных горных пород и форм рельефа земной поверхности. Благодаря экзогенным процессам формируются почвы и полезные ископаемые. Около 60% мировой добычи полезных ископаемых связано с продуктами экзогенной деятельности.

Вместе с тем разрушения берегов рек, озёр и морей, обвалы, оползни, снежные лавины, размыв и разрушение склонов, рост оврагов и заболачивание территорий - это также результаты деятельности экзогенных геологических процессов

#### 4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земную кору — верхнюю твердую оболочку Земли - составляют горные породы (магматические, осадочные и метаморфические), состоящие из определенного сочетания минералов, в состав которых входят различные химические элементы. Изучая такую иерархию: химические элементы – минералы – горные породы, можно судить о строении земной коры в различных структурных зонах.

##### 4.1. МИНЕРАЛЫ

Подавляющее большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются *минералами*. Установлено, что в земной коре содержится около 4000 минералов.

Любой минерал обладает вполне определенным химическим составом и вполне определенной кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают все физические свойства, такие, как цвет, блеск, твердость и т.д.

##### 4.2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

*Горными породами* называются устойчивые парагенетические ассоциации минералов, возникающие в результате определенных геологических процессов и образующие геологически самостоятельные тела в земной коре. Науки, изучающие горные породы, - петрография, литология, астрофизика и физика горных пород.

Традиционно под горными породами подразумеваются только твердые тела, в широком применении к горным породам относят также воду, нефть и природные газы.

Горные породы могут слагаться как одним минералом, так и их комплексом. Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие её состав и свойства, называются *породообразующими*

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются *мономинеральными*, если же из нескольких *-полиминеральными* (гравий, глина).

Все горные породы обладают комплексом морфологических особенностей, которые объединяют в понятия структура и текстура. Наряду с химическим и минеральным составом структура и текстура являются важнейшими диагностическими признаками горных пород.

По происхождению горные породы делятся на три класса: осадочные, магматические и метаморфические.

*Осадочные* горные породы образуются только на поверхности земной коры при разрушении любых, ранее существовавших горных пород, в результате жизнедеятельности и отмирания организмов и выпадения осадков из пересыщенных растворов.

**Магматические** горные породы возникают путём кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на её поверхности.

**Метаморфические** горные породы возникают путем коренного преобразования магматических, осадочных и ранее существовавших метаморфических пород под влиянием высоких температур, давления и химически активных растворов.

## 5. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры рассматривается отдельно по той причине, что эта геосфера является основным объектом геологии и средой горного производства.

**Земная кора** - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами и имеющая мощность от 7 до 75 км. Она представляет собой наиболее активный слой твёрдой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли.

Выделяют два главных типа земной коры: континентальную и океаническую.

Мощность **континентальной** коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования), однако в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной. В континентальной коре различают осадочный, гранитный и базальтовый слои.

Мощность осадочного слоя достигает 20 км, но распространён он не повсеместно. Названия гранитного и базальтового слоев условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада, хотя последующие исследования показали некоторую сомнительность этой границы.

Основное отличие **океанической** коры от континентальной - отсутствие гранитного слоя, существенно меньшая мощность (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Первый слой, или осадочный, характеризуется широким диапазоном скоростей и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км. Глубоководным бурением установлено, что этот слой сложен сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами, которые с увеличением возраста океанической коры становятся более консолидированными. Третий слой сложен породами в основном габброидного состава.

Кроме двух главных типов земной коры выделяется кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах.

Участки земной коры, различающиеся типом геологического строения, называются **структурными элементами**. С точки зрения закономерностей пространственного строения земной коры океаны и континенты - это **структуры I** (планетарного) порядка. В пределах структурных элементов I порядка по особенностям геологического строения и развития выделяются структуры II порядка: на материках - платформы и геосинклинальные пояса, на океанической коре - талассократоны и срединно-океанические хребты.

## 6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология - наука естественно-историческая, и поэтому особо важное значение имеет ее раздел, посвященный изучению развития геологических событий по времени. Задачи исторической геологии - восстановление физико-географических обстановок накопления осадков в различные эпохи, последовательности формирования пород и их

распределения по относительному возрасту, изучение истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени.

## 6.1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

В геологии как в никакой другой науке важна последовательность установления событий, их хронологии, основанной на естественной периодизации геологической истории. Геологическая хронология, или геохронология, основана на выяснении геологической истории наиболее хорошо изученных регионов. На основе широких обобщений, сопоставления геологической истории различных регионов Земли, закономерностей эволюции органического мира в конце прошлого века на первых международных геологических конгрессах была выработана и принята Международная геохронологическая шкала, отражающая последовательность подразделений времени, в течение которых формировались определённые комплексы отложений, и эволюцию органического мира. Таким образом, Международная геохронологическая шкала - это естественная периодизация истории Земли.

Среди геохронологических подразделений выделяются: зон, эра, период, эпоха, век, время. Каждому геохронологическому подразделению отвечает комплекс отложений, выделенный в соответствии с изменением органического мира и называемый стратиграфическим: эонотема, группа, система, отдел, ярус, зона. Таким образом существует две шкалы - геохронологическая и стратиграфическая. Первую мы используем, когда говорим об относительном времени в истории Земли, а вторую, когда имеем дело с отложениями. В настоящее время выделяют три наиболее крупных стратиграфических подразделения - эонотемы: архейскую, протерозойскую и фанерозойскую.

## 6.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Представления о закономерностях формирования земной коры развивались на протяжении длительного времени по мере накопления фактического материала, совершенствования геологических и геофизических методов исследований. Особое значение на современном этапе развития теоретической геологии имеют данные, полученные при изучении обширных океанических территорий, и результаты космических исследований.

### **Гипотезы горизонтального дрейфа континентов**

Механизм горизонтального перемещения континентальных глыб был разработан в 1929г. американским учёным А.Холмсом. Его гипотеза подкорковых течений предполагает существование в мантии (субстрате) медленных конвективных потоков, обусловленных различным накоплением тепла под континентами и океанами. Восходящие конвективные потоки приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков и образованию молодого океанического дна. В районах нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, шарьяжей, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов - эклогиты.

Можно отметить, что с разработкой гипотезы А.Холмса идеи мобилизма получили новый импульс, обусловивший их широкую популярность и в наши дни. Кроме того, в последние годы при изучении строения дна океанов получены новые данные, которые также используются для подтверждения возможности горизонтального дрейфа. Эти данные послужили основой гипотезы новой глобальной тектоники, или тектоники плит. Гипотеза разработана американскими учёными Г.Хессом и Р.Дидцем. Значительный вклад в её развитие внесли зарубежные и советские геологи.

Основные идеи, положенные в основу гипотезы тектоники плит, связаны с открытием зон формирования молодой океанической коры в зонах рифтообразования и зон поглощения коры у глубоководных желобов.

По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит "раздвигание" плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне. Это явление называется **спредингом** океанического дна, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из астеносферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие зоны землетрясений и аномалии теплового потока.

Образование новой коры в зонах спрединга сопровождается поглощением блоков (плит) литосферы в других участках нашей планеты. По мнению авторов гипотезы, такими участками являются зоны глубоководных океанических желобов, в которых происходит прерывистое поддвигание одной плиты литосферы под другую. Это явление называется **субдукцией**, сопровождается кратковременным выделением значительной механической энергии в виде землетрясений, проявлений вулканизма. Длительное поддвигание океанической коры под континентальную приводит к деформации окраинного моря, смещению островной дуги к континенту и складкообразованию. При этом поддвигание может смениться развитием обширных надвигов океанической коры - **обдукцией**. Другим путём образования орогенных зон, по мнению авторов гипотезы, является столкновение - **коллизия** континентов.

Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А.Холмса. Однако в отличие от положений гипотезы подкорковых течений, в соответствии с рассматриваемой гипотезой потоки мантийного вещества здесь замыкаются на уровне астеносферы.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолированно, как считал А.Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. При таком горизонтальном перемещении плит в зонах спрединга происходит обновление коры, а в зонах субдукции - её поглощение и растворение в астеносфере.

По современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или смятия: Тихоокеанской, Евразийской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

## **7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

### **7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Важнейший раздел геологии, позволяющий решать обширные прикладные задачи, - учение о полезных ископаемых. Он включает в себя совокупность сведений о геологической позиции и закономерностях размещения месторождений различных полезных ископаемых, методику поисков и экономику минерального сырья, тесно сопрягается с технологией переработки руд и извлечения из них ценных компонентов.

**Полезным ископаемым** называют природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки (переработки) путем дробления, сортировки, обогащения для извлечения ценных металлов или минералов. По физическому состоянию полезные ископаемые бывают газообразными, жидкими и твердыми. К первым относятся горючие газы углеводородного состава и негорючие инертные газы, ко вторым - нефть, рассолы, вода, к третьим - большинство полезных ископаемых, которые применяются как

химические элементы или их соединения, а также в виде кристаллов, минералов, горных пород. По промышленному использованию полезные ископаемые разделяются на **металлические, неметаллические, горючие или каустобиолиты, гидро-и газоминеральные.**

**Металлические** полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов и элементов: черных (железо, титан, хром, марганец и др.); легирующих (никель, кобальт, вольфрам, молибден и др.); цветных (алюминий, свинец, цинк, сурьма, ртуть и др.); благородных (золото, серебро, платина, палладий и др.); радиоактивных (уран, радий, торий и др.); редких и рассеянных (висмут, цирконий, ниобий, тантал, галлий, германий, кадмий, индий и др.); редкоземельных (лантан, церий, иттрий, прометий, самарий, лютеций и др.).

К **неметаллическим** полезным ископаемым принадлежат строительные горные породы (естественные строительные камни, пески, глины, сырье для каменного литья, стекла и керамики и др.), индустриальное (алмаз, графит, асбест, слюды, драгоценные и поделочные камни, пьезокристаллы, оптические минералы и др.), а также химическое и агрономическое сырье (сера, флюорит, барит, галит, калийные соли, апатит, фосфориты и др.).

**Горючие** ископаемые включают торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, озокерит, нефть, горючий газ. Они служат энергетическим и металлургическим топливом, а также сырьем для химической промышленности.

К **газоминеральному** сырью относятся негорючие инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и др.

**Гидроминеральные** полезные ископаемые разделяются на подземные воды питьевые, технические, бальнеологические или минеральные и нефтяные, содержащие ценные элементы (бром, йод, бор, радий и др.) в количестве, позволяющем извлекать их, а также рассолы (озерные рассолы, минеральные грязи, илы). Важным гидроминеральным сырьем являются воды морей и океанов, используемые для получения пресной воды и извлечения многих ценных элементов.

**Рудой** называется минеральное сырье, содержащее ценные полезные компоненты (металлы, их соединения, минералы) в количестве, достаточном для промышленного извлечения при современном состоянии экономики, техники и технологии. В зависимости от вида извлекаемого компонента выделяются руды металлические (железные, медные, свинцово-цинковые и т. д.) и неметаллические (серные, асбестовые, графитные, апатитовые и др.). По количеству компонентов руды различают монометалльные (мономинеральные), биметалльные (биминеральные) и полиметалльные (полиминеральные).

**Месторождением полезного ископаемого** называется его природное в виде геологических тел скопление в земной коре, которое по условиям залегания, количеству и качеству минерального сырья при данном состоянии экономики и техники может служить объектом промышленной разработки в настоящее время или в ближайшем будущем. К месторождениям полезных ископаемых промышленность предъявляет требования, определяемые технической возможностью и экономической целесообразностью их разработки.

Совокупность требований промышленности к минеральному сырью называется **кондициями** - они не являются постоянными и зависят от экономических условий и состояния техники и технологии добычи и переработки минерального сырья.

Площади распространения полезных ископаемых в порядке их уменьшения разделяются на провинции, области (пояса, бассейны), районы (узлы), поля, месторождения, тела.

**Телом** полезного ископаемого называют ограниченное со всех сторон скопление минерального вещества, которое приурочено к отдельным структурным элементам или их комбинациям.

## 7.2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим) составом, строением или структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае обуславливают качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов. В металлических рудах рудные минералы являются носителями ценных металлов, в неметаллических - минералы сами представляют практический интерес благодаря специфическим свойствам.

По составу преобладающей части минералов выделяются следующие типы руд:

**самородные** - самородные металлы и интерметаллические соединения - медь, золото, платина и др.;

**сернистые и им подобные** - сульфиды, арсениды и антимониды тяжелых металлов - меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена и др.;

**оксидные** - оксиды и гидроксиды железа, марганца, хрома, олова, урана, алюминия и др.;

**карбонатные** - карбонаты железа, марганца, магния, свинца, цинка, меди и др.;

**сульфатные** - сульфаты бария, стронция, кальция и др.;

**фосфатные** - *апатитовые и фосфоритовые неметаллические руды, а также фосфаты некоторых металлов и др.*;

**силикатные** - *сравнительно редкие руды железа, марганца, меди; широко распространенные неметаллические полезные ископаемые - слюды, асбест, тальк и др.*;

**галлоидные** - *минеральные соли и флюорит и др.*

По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

## 7.3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время известно несколько десятков генетических классификаций месторождений полезных ископаемых. Наиболее известной является классификация В.И.Смирнова.

Эндогенные месторождения, к числу которых относятся скопления полезных ископаемых, прямо или косвенно связанные с магматической деятельностью, подразделяют на: собственно магматические, пегматитовые и постмагматические.

**Магматическими** называются месторождения, образующиеся из жидких магматических расплавов в процессе их внедрения и раскристаллизации. При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры и остывании происходит их дифференциация, с чем связана концентрация, а иногда и полное обособление рудных компонентов. Процессы образования магматических месторождений достаточно сложны. В одних случаях месторождения образуются в результате внедрения магмы, обогащенной рудными компонентами еще на глубине, в других - рудные концентрации возникают из магм при ее подъеме, в третьих - лишь на месте становления интрузива.

Главная особенность всех магматических месторождений - их связь с материнскими интрузивами, которые рассматриваются как вещественный или



энергетический источник оруденения. Магматические месторождения разделяются на генетические подгруппы: ликвационные, раннемагматические и позднемагматические.

В группу *экзогенных* включаются скопления полезных ископаемых, которые образуются при экзогенных процессах в результате химической, биохимической и механической дифференциации вещества земной коры. По способу накопления осадочного материала различают месторождения выветривания и осадочные.

К *месторождениям выветривания* относятся остаточные и инфильтрационные месторождения. *Остаточные* месторождения полезных ископаемых образуются при физическом и химическом выветривании горных пород, которое сопровождается гидролизом породообразующих минералов, растворением и выносом неустойчивых компонентов.

К *осадочным месторождениям* относятся аллювиальные и прибрежно-морские россыпи, химические и биохимические осадочные месторождения.

*Метаморфизованными* называют месторождения любого происхождения, испытавшие метаморфические преобразования одновременно с вмещающими породами. При этом процессы метаморфизма могут выражаться в изменении и преобразовании структур и текстур, изменении характера минерального состава руд, а также в переотложении рудного вещества, изменении формы рудных тел, рассланцевании и изменении состава вмещающих пород.

Под *метаморфическими* месторождениями понимают такие месторождения, которые возникли в результате метаморфизма горных пород, до того не содержащих промышленных рудных скоплений и не представляющих собой полезного ископаемого. К возникающим в процессе метаморфизма собственно метаморфическим месторождениям относятся месторождения высокоглиноземистого сырья (кианит, андалузит, силлиманит), графита, гранулированного кварца, слюды, амфибол-асбеста, корунда, наждака, граната, титана и др.

## 8. СИСТЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Геологическое изучение недр в России производится последовательно и планомерно с тем, чтобы не только получить необходимую геологическую информацию о недрах, но и своевременно выявить промышленные и отбраковать непромышленные скопления полезных ископаемых. В общей системе геологического изучения недр можно выделить три крупных этапа. Этапы геологического изучения включают несколько последовательных стадий.

### **Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.**

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр прогнозирование полезных ископаемых.

### **Этап II. Поиски и оценка месторождений.**

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3. Оценочные работы.

### **Этап III. Разведка и освоение месторождений.**

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На каждой стадии геологического изучения недр осуществляется их геолого-промышленная оценка, заключающаяся в определении действительной или возможной значимости изучаемого участка земной коры, в котором содержатся или могут содержаться скопления полезной минерализации или же предполагается горное строительство. С этой целью исследуются состав и строение горных пород и полезного ископаемого, условия залегания, степень и характер тектонической нарушенности,

гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики месторождения, географо-экономические условия района и т. п.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ**

Для более углубленного изучения отдельных разделов геологических дисциплин рекомендуем воспользоваться следующими методическими указаниями.

Часть 1. Минералы.

Часть 2. Магматические горные породы.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Часть 5. Организация геологических экскурсий.

Часть 6. Художественная обработка камнесамоцветного сырья.



МИНОБРНАУКИ РФ  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный  
университет»

Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков

## **БУРОВЫЕ СТАНКИ И БУРЕНИЕ СКВАЖИН**

*Методические указания*  
по выполнению курсового проекта  
по дисциплине  
**«Буровые станки и бурение скважин»**

для студентов специальности  
**21.05.02 Прикладная геология**

*очного и заочного обучения*

Екатеринбург

## Оглавление

1. Общие положения .....	3
2. Объем курсового проекта и его оформление .....	3
3. Содержание основных разделов проекта .....	4
Введение.....	4
3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза.....	4
3.2. Выбор и характеристика средств откачки .....	4
3.3. Выбор и расчет фильтра .....	5
3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины .....	5
3.5. Технология бурения скважин.....	6
3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента.....	7
3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта .....	8
3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды.....	8
Рекомендуемая литература .....	8
Приложение 1. Пример выполнения титульного листа курсового проекта.....	9
Приложение 2. Пример бланка задания .....	10
Приложение 3. Геолого-технический наряд.....	12

## 1. Общие положения

Студенты специальности Прикладная геология выполняют курсовой проект по бурению скважин на воду после изучения дисциплины «Буровые станки и бурение скважин». Это самостоятельная работа, характеризующая умение студентам решать комплексные инженерные задачи в зависимости от конкретных технико-экономических и гидрогеологических условий производства работ.

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний по дисциплине «Буровые станки и бурение скважин» и их практическое применение к решению конкретных инженерных задач, знакомство с методикой пользования специальной и справочной литературой. Курсовой проект можно рассматривать как важнейший этап подготовки к работе над технической частью дипломного проекта.

Курсовой проект разрабатывается на основании фактических материалов, собранных студентами на производственной практике. Эти материалы включают геологическую карту района производства работ, геологический разрез с указанием места заложения проектной скважины, гидрогеологическую характеристику разреза с подробными данными о всех водоносных горизонтах и ориентировочном проектном дебите каждого из них.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя кафедры технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых. Каждый студент перед началом проектирования получает у руководителя индивидуальное задание, в котором содержатся формулировка темы проекта, характеристика проектного геологического разреза, данные о проектном дебите скважины, статическом уровне подземных вод и условиях производства работ.

## 2. Объем курсового проекта и его оформление

Курсовой проект выполняется на бумаге формата А4 (210×297) с одной стороны листа. С левой стороны листа оставляется поле для подшивки 30 мм; с верхней – 20 мм; с правой – 15 мм; с нижней – 35 мм, на котором посередине проставляется порядковый номер страницы.

После титульного листа (приложение 1) помещается задание на курсовой проект, затем содержание, и далее следует текст. В конце проекта приводится список используемой литературы и приложения.

Текст пояснительной записки должен быть выполнен на компьютере. Общий объем записки курсового проекта – 25-30 с.

Графические приложения к тексту выполняются на плотной бумаге, кальке или миллиметровке формата 210×297 мм и подшиваются вместе с текстом записки. На отдельном листе формата А3 выполняется чертеж, на котором могут быть представлены геолого-технический наряд, схемы различных устройств, технологические схемы откачки, вскрытия, освоения водоносных пластов.

Пример оформления геолого-технического наряда представлен в приложении 3.

Текст курсового проекта включает следующие основные разделы.

Вводная часть – 5 % от всего объема.

Гидрогеологическая часть – 5-10 % объема.

Технико-технологическая часть – 85-90 % объема.

Разработка и изложение отдельных вопросов в проекте должны быть осуществлены в следующей последовательности.

Содержание курсового проекта:

Введение

1. Гидрогеологическая характеристика разреза.
2. Выбор и характеристика средства откачки.
3. Выбор и расчет фильтра.

4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины.
5. Выбор бурового оборудования и инструмента.
6. Вскрытие и освоение водоносного пласта.
7. Техника безопасности и охрана окружающей среды.

Список использованной литературы.

Приложения.

### **3. Содержание основных разделов проекта**

#### **Введение.**

Во введении обосновывается назначение проектируемой скважины. Приводятся общие сведения о районе работ, дается его краткая физико-географическая и экономическая характеристика, оцениваются условия производства работ по бурению и оборудованию скважин, отмечается обеспеченность электроэнергией, топливом, водой, глиной и т. д.

#### **3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза**

Приводится описание литологического состава горных пород, указываются их мощность, физические свойства, категория буримости, дается характеристика коллекторских свойств пород водоносных горизонтов (трещиноватость, гранулометрический состав, пористость, проницаемость), величина дебита каждого водоносного горизонта и статический уровень подземных вод.

Затем приводится характеристика тектонических зон и указываются возможные осложнения при их бурении.

Геологический разрез составляется в масштабе 1:200 или 1:500.

#### **3.2. Выбор и характеристика средств откачки**

В зависимости от целевого назначения скважины и ее дебита выбирается наиболее рациональный способ подъема воды из скважины. Выбор водоподъемной установки производится с учетом следующих исходных данных:

- 1) проектного дебита скважины;
- 2) глубины установки водоподъемных средств;
- 3) особых условий производства откачки, обусловленных повышенной температурой, минерализацией или высоким загрязнением воды. При этом фактические производительности и напор выбранного водоподъемника должны быть равны или несколько больше проектных. Особое внимание уделяется размерам водоподъемника, особенно его диаметру, который влияет на выбор размера водоподъемных труб и, следовательно, на конструкцию скважины. Обычно необходимо выбирать водоподъемники с минимально возможными размерами рабочих органов, что упрощает и удешевляет конструкцию скважины.

Водоподъемные установки выбираются по справочникам на основании данных о проектном дебите и динамическом уровне откачки.

Эрлифты применяются на стадии испытания, освоения водоносных горизонтов и при откачке из разведочных скважин. Выбранная схема эрлифта должна быть рассчитана для определения основных его параметров: глубины погружения смесителя, удельного расхода воздуха и производительности эрлифта, диаметров водоподъемных и воздухопроводных труб.

### **3.3. Выбор и расчет фильтра**

Производительность скважины в процессе откачки зависит от правильного выбора водоприемной части скважины (типа фильтра и от его геометрических размеров).

Тип, конструкция фильтра выбираются в зависимости от характера пород (гранулометрического состава) водоносного горизонта, назначения скважины, ее производительности и глубины, агрессивности вод и ряда других факторов.

Необходимые конструктивные размеры фильтра для конкретных условий откачки определяются расчетом.

Диаметр и длина рабочей части фильтра подбираются и рассчитываются с учетом дебита скважины, коэффициента фильтрации пород водоносного горизонта и его мощности.

При этом необходимый диаметр фильтра рассчитывается исходя из диаметра выбранного водоподъемника, а точнее диаметра эксплуатационной колонны. При мощности водоносного горизонта, не превышающей 10 м, диаметр фильтра рассчитывается с учетом проектного дебита скважины, рабочей длины фильтра и коэффициента фильтрации пород. В данном случае длина рабочей части фильтра принимается равной мощности водоносного горизонта (10 м), а при мощности более 10 м рассчитывается на основании проектного дебита скважины диаметра фильтра. Сквозность фильтра выбирается с учетом характеристики пород водоносного горизонта и должна обеспечивать водопрopusкную способность фильтра с минимальным сопротивлением движению и с допустимой скоростью движения воды, которая не приводит к переносу частиц шлама в скважину.

При правильном выборе и расчете параметров фильтра его водопрopusкная способность должна быть равна или более проектного дебита скважины.

### **3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины**

Выбор способа бурения скважин на воду производится с учетом гидрогеологических условий, проектной глубины скважины, ее целевого назначения, экономичности и качественных показателей по вскрытию и освоению водоносного горизонта.

В настоящее время применяются следующие способы бурения скважин на воду: роторный, колонковый, ударно-вращательный и ударно-канатный.

Роторный способ применяется при бурении разведочно-эксплуатационных и эксплуатационных скважин на воду в твердых, трещиноватых породах с промывкой водой, в мягких породах, а также в тектонических зонах сильно расланцованных, перемятых пород с промывкой глинистым раствором. В районах с затрудненным водоснабжением (Крайний Север, Средняя Азия) роторное бурение целесообразно использовать с продувкой воздухом или применять пневмоударное бурение. Роторное бурение рекомендуют использовать при вскрытии глубокозалегающих водоносных горизонтов, и оно отличается более высокой производительностью и экономичностью по сравнению с другими способами.

Канатно-ударное бурение применяется для бурения разведочно-эксплуатационных, эксплуатационных и дренажных скважин большого диаметра (свыше 500 м) при вскрытии низконапорных горизонтов. Оно отличается высокой металлоемкостью конструкции скважин и является более дорогостоящим по сравнению с роторным бурением. Канатно-ударный способ рекомендуется при бурении скважин глубиной до 150 м в породах осадочного комплекса, представленного средне- и крупнозернистыми песками, пльвунами, валунно-галечными отложениями, а также сильно трещиноватыми и кавернозными породами, в которых использование роторного бурения весьма затруднительно.

Колонковый способ в основном применяется при бурении разведочных скважин на воду небольшого диаметра (до 200 мм) в породах различной крепости.

После выбора способа бурения проектируется конструкция скважины. При бурении скважин на воду выделяют следующие элементы конструкции скважин: кондуктор (направление), эксплуатационную колонну и фильтр.

При проектировании конструкции скважины необходимо учитывать специфику и возможности выбранного способа бурения. В частности, расчетные диаметры бурения обсадных труб должны быть указаны со стандартными размерами бурового инструмента конкретно для выбранного способа бурения.

### 3.5. Технология бурения скважин

Технология бурения разрабатывается на основании составленного ранее геологического разреза с учетом физико-механических свойств горных пород и характеристик водоносных горизонтов. При этом для каждой разновидности горных пород выбираются рациональные конструкции буровых наконечников и определяются технологические параметры режима бурения этими наконечниками.

Прежде всего необходимо выбрать типы буровых наконечников (коронки, долота) и установить их необходимые характеристики в соответствии с конструкцией скважины.

Затем для вращательных способов бурения выбирается вид промывочной жидкости и определяются необходимые параметры (например, глинистых растворов), характеризующие их качество. Параметры промывочных жидкостей (удельный вес, вязкость, водоотдача, статическое напряжение сдвига, содержание песка и др.) применяются в зависимости от возможных осложнений при бурении скважин.

После этого рассчитываются рациональные величины технологических параметров режима бурения. Для вращательных способов бурения это – осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент, частота вращения бурового снаряда и количество промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину. Для ударно-канатного бурения определяются вес, высота сбрасывания и частота ударов бурового инструмента.

Необходимо также разработать мероприятия по борьбе с возможными осложнениями при бурении скважин (обвалы стенок скважин, поглощения промывочной жидкости и др.).

Устье скважины оборудуется направлением или кондуктором. Эксплуатационная колонна обеспечивает крепление ствола скважины, в ней обычно устанавливают насос для подъема воды.

В скважинах со сложным геологическим разрезом, в котором может встречаться несколько зон осложнений, устанавливают иногда промежуточную колонну, которая обычно следует после кондуктора. Выбор конструкции разведочно-эксплуатационной скважины необходимо начинать с определения типа водоподъемника и его диаметра, который определяет внутренний диаметр эксплуатационной колонны:

$$D_{в.эк} = D_{в} + 2\Delta ,$$

где  $D_{в}$  - наружный диаметр водоподъемника, мм;  $\Delta$  - зазор между водоподъемником и эксплуатационной колонной, мм.

Диаметр долота под эксплуатационную колонну определяется из условия:

$$D_{д} = D_{м} + 2\delta ,$$

где  $D_{м}$  - наружный диаметр муфты, мм;  $\delta$  - зазор между муфтой и скважиной, мм.

Для  $D_{м} < 250$  мм  $\delta = 25$  мм; для  $D_{м} > 250$  мм  $\delta = 20-50$  мм.



Чем больше выход колонны из-под башмака обсадных труб, тем больше должен быть зазор  $\delta$ .

Диаметр фильтра подбирают из условия обеспечения необходимого водопритока. Конечный диаметр скважины определяется необходимостью проведения комплекса гидрогеологических исследований и наблюдений.

Особое внимание уделяется технологии бурения скважин в интервалах водоносных горизонтов, направленной на сохранение естественной водопроницаемости водоносных пластов.

В случае бурения разведочных скважин устанавливаются интервалы бурения с отбором керна для составления детального геологического разреза и проведения исследований образцов горных пород. Особое внимание необходимо уделить разработке мероприятий по обеспечению получения качественного керна с интервалов водоносных горизонтов. С целью обеспечения получения качественных образцов горных пород при бурении необходимо выбрать комплекс технических средств и разработать специальные технологические и организационные мероприятия.

### **3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента**

Буровое оборудование выбирается с учетом целевого назначения скважины, ее конструкции, характера пород геологического разреза, способа бурения и разработанной технологии бурения.

В настоящее время буровое оборудование комплектуется в буровые агрегаты и установки, которые выпускаются отечественной промышленностью. Поэтому выбор основного бурового оборудования сводится к выбору буровой установки.

Выбор буровой установки производится по способу бурения, по проектной глубине бурения, по величине начального и конечного диаметра, которые обычно даются в ее характеристике. Также учитываются и другие данные характеристики буровой установки, такие как скорости вращения, осевое усилие, развиваемое механизмом подачи, которые обеспечивают необходимые технологические параметры режима бурения. В зависимости от наличия источников энергосбережения в районе бурения скважин буровые установки выбираются с электроприводом (от электролинии) или с автономным приводом от двигателя внутреннего сгорания (при отсутствии электролинии).

Вспомогательное буровое оборудование (труборазвороты, глиномешалки, КИП, талевая оснастка, вертлюги-сальники и др.) выбирается в зависимости от его потребности и условий производства работ.

После выбора всего комплекса бурового оборудования, необходимого для бурения проектируемой скважины, приводятся его технические характеристики.

Выбор породоразрушающего инструмента (коронки, долот) производится с учетом физико-механических свойств горных пород и их буримости.

Для вращательного бурения выбираются типы бурильных труб и их диаметры, конструкция и тип колонковой трубы для обеспечения качественного выхода керна; длина и диаметр утяжеленных труб при бурении скважин сплошным забоем большого диаметра (более 150 мм).

Для ударно-канатного бурения выбирается конструкция и размеры ударного снаряда, тип и размеры долот. Для ликвидации наиболее распространенных аварий (обрывы бурильных канатов, колонковых, обсадных труб) необходимо предусмотреть ловильный аварийный инструмент (метчики, колокола, труболочки, крючки, штопоры, овершоты).

В приложении нужно дать спецификацию всего бурового оборудования и инструмента с указанием его наименования и количества, необходимого для бурения скважины.

На основании геологического задания, выбора бурового оборудования, конструкции скважины и разработанной технологии бурения составляется геолого-технический наряд на бурение скважины, форма которого приведена в приложении 2.

### **3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта**

Ответственными операциями при сооружении скважин на воду являются вскрытие и освоение водоносного пласта, которые оказывают большое влияние на производительность и долговечность скважины.

Вскрытие водоносного пласта включает комплекс технологических операций, направленных на успешное бурение горных пород водоносного пласта при обеспечении их устойчивости и сохранения естественной водопроницаемости.

Выбор технологии вскрытия водоносного пласта зависит от глубины его залегания, устойчивости и коллекторских свойств горных пород, слагающих водоносный пласт, пластового давления, мощности водоносного пласта и дебита скважины.

Неустойчивые горные породы водоносного пласта не рекомендуется вскрывать с применением глинистого раствора, так как глинистые частицы вызывают коагуляцию пор и трещин и резкое снижение их водопроницаемости. В этом случае применяют специальные промывочные жидкости: малоглинистые, меловые, полимерные, азрированные, самораспадающиеся промывочные жидкости, пены и др.

Безнапорные пески при наличии устойчивой кровли водоносного пласта могут вскрываться гидровывом фильтра, а также формированием каверны в водоносном пласте. Существуют и другие методы с применением различных схем промывки.

Освоение скважины обычно включает такие технологические операции, как установка фильтра в скважину, восстановление естественной водопроницаемости или ее искусственное увеличение, устройство гравийной обсыпки фильтров, откачки воды из скважины с целью формирования водоприемной части скважины и осветления воды.

При выборе способа освоения скважины необходимо учитывать его эффективность и простоту его технологического выполнения.

### **3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды**

В этом разделе необходимо предусмотреть мероприятия по охране здоровья работающего персонала и средства по оказанию первой помощи пострадавшим.

Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды проектируются в соответствии с действующими инструктивными указаниями при выполнении различного вида работ: монтаж установок, бурение скважины, транспорт, демонтаж установки, эксплуатация скважин.

#### **Рекомендуемая литература**

*Бейсебаев А. М., Туякбаев Т. Н., Федоров Б. В.* Бурение скважин и горно-разведочное бурение. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

*Соломин Б. Н.* Проектирование скважин на воду. – М.: Недра, 1983. – 107 с.

*Справочник по бурению скважин на воду / Д. Н. Башкатов, С. С. Сулакшин, С. Л. Драхлис, Г. П. Квашнин.* – М.: Недра, 1979. – 560 с.

*Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду / В. В. Дубровский [и др.].* – М.: Недра, 1972. – 512 с.

*Разведочное бурение / О. В. Ошкордин [и др.]* – М.: Недра, 2000. – 748 с.

**Пример выполнения титульного листа курсового проекта**



**МИНОБРНАУКИ РФ  
ФГБОУ ВО**

**«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

**Кафедра ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ МПИ**

# **КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**НА ТЕМУ: «Сооружение разведочно-эксплуатационной  
скважины на воду»**

Руководитель \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

**Пример бланка задания****З А Д А Н И Е**

по курсовому проекту на бурение гидрогеологической скважины

Студенту \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_

Тема проекта \_\_\_\_\_

## Содержание проекта

## I. Исходные данные

## 1. Геологический разрез скважины.

№ п/п	Наименование пород и горизонты	Интервалы, м	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			

2. Проектная глубина скважины \_\_\_\_\_
3. Проектный дебит скважины \_\_\_м<sup>3</sup>/час из горизонта \_\_\_\_\_
4. Статический уровень \_\_\_\_\_
5. Проектный динамический уровень \_\_\_\_\_
6. Период работы \_\_\_\_\_
7. Особые условия (обеспеченность электроэнергией, водой, глиной и т. п.) \_\_\_\_\_

## II. Задачи проектирования

- 1) выбрать и обосновать тип и размеры откачных средств;
- 2) обосновать выбор типа фильтра и произвести его расчет;
- 3) выбрать и обосновать способ бурения скважины;
- 4) составить и обосновать конструкцию скважины;
- 5) разработать рациональную технологию бурения для каждого горизонта:
  - а) выбрать породоразрушающий инструмент;
  - б) выбрать промывочную жидкость и обосновать ее качественные параметры;
  - в) рассчитать технологические параметры режима бурения.
6. Выбрать буровое оборудование:
  - а) буровой агрегат (буровой станок, насос, привод);
  - б) буровой копер или мачту.
7. Разработать конструкцию бурового снаряда:
  - а) колонкового набора;
  - б) колонны бурильных труб;
  - в) колонны обсадных труб.

*Примечание:* для выбранного оборудования приводится краткая техническая характеристика.

8. Уточнить режим бурения с учетом технических характеристик выбранного оборудования.
9. Произвести проверочный расчет выбранного бурового оборудования:
  - а) насоса (по производительности и рабочему давлению);
  - б) привода бурового станка и насоса;
  - в) бурового копра или мачты (по грузоподъемности);
  - г) колонны буровых труб.
10. Запроектировать способ вскрытия водоносного горизонта и опробования.
11. Предусмотреть мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и промсанитарии.
12. Составить спецификации основного оборудования, инструмента и материалов, необходимых для бурения скважин.

### III. Графические приложения

1. Геолого-технический наряд.
2. Схема конструкции скважины.
3. Схема бурового снаряда.
4. Схема фильтра.
5. Схема оборудования скважины для откачки.

Дата сдачи проекта на кафедру \_\_\_\_\_

Руководитель проекта \_\_\_\_\_

**Геолого-технический наряд**

ГРО, ГРЭ \_\_\_\_\_  
 Проектная глубина, м \_\_\_\_\_  
 Начало бурения \_\_\_\_\_  
 Окончание бурения \_\_\_\_\_

Буровой станок \_\_\_\_\_  
 Буровой насос \_\_\_\_\_  
 Двигатель \_\_\_\_\_  
 Мачта \_\_\_\_\_  
 Буровые трубы \_\_\_\_\_

Скважина \_\_\_\_\_

Геологическая часть							Техническая часть										
Масштаб глубин	Наименование горных пород	Категория пород по буримости	Литология	Интервал и вид отложений	Статический уровень Динамический уровень	Мощность слоев, м	Конструкция скважины	Тип и диаметр ПРИ, мм	Длина и диаметр УБТ	Режимы бурения			Качество бурового раствора	Способы борьбы с осложнениями	Способ вскрытия водоносного пласта	Тип фильтра	Примечание
										Осевая нагрузка, кН	Частота вращения, об/мин.	Расход промывочной жидкости, л/мин.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18



**МИНОБРНАУКИ РФ**

**ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный  
университет»**

**Л. И. Кралина, Ф. П. Сердюков, Г. А. Усов**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ  
В БУРЕНИИ**

**Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям и самостоятельной работе  
по профилирующим дисциплинам  
для студентов специальности**

**21.05.02 Прикладная геология  
очного, заочного обучения**

**Екатеринбург**

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено в помощь преподавателям и студентам при проведении занятий по бурению скважин, а также для подготовки курсовых и квалификационных работ по профилирующим дисциплинам. Сборник выполнен для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология. При выполнении работ используются справочные материалы, которые приведены в таблицах каждого расчета. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

В конце приводится список литературы, использованной при написании данного учебно-методического пособия.



**Расчет №1**  
**Расчет предельного значения кернопотерь**

1. Расчет предельного значения кернопотерь

$$B_k^{\min} = F(\text{НП}, \text{И}, [m_k]).$$

При НП, И  $[m_k]$  табличные значения (см. таблицу) расчет по формуле для реального (различного)  $B_k$  и по данным лабораторных анализов  $P, P_k, P_{\text{сред}}$

$$B_k^{\min} = \frac{(\text{НП}-1) \cdot \text{И}}{(\text{НП}-1) \cdot \text{И} + m_k^{\text{доп}}} * 100 \%$$

где  $B_k^{\min}$  - выход керна минимальный, %;

НП- неоднородность оруденения, %;

И- избирательность кернопотерь, %;

$m_k^{\text{доп}}$  - погрешность опробования, %.

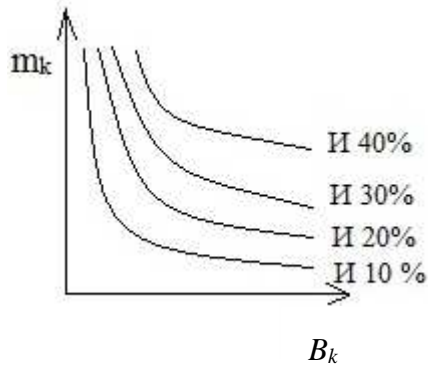
**Группировка месторождений по значениям НП и И**

Группы и типы руд	Примеры руд и месторождений	Характерные значения	
		НП, %	И
<b>I. Сплошные массивные</b>			
I.1. Мономинеральные	Сплошные маргитовые, магнетитовые, гидромагнетитовые и другие богатые железные руды криворожского типа, сплошные мономинеральные руды каменной соли, бокситы Боксонского месторождения, тальк Алгуйского месторождения и т. п.	1,2±10	40±15
I.2. Полиминеральные	Сплошные колчеданные медные и медно-цинковые месторождения уральского типа, сплошные полиметаллические руды Горевского, Риддер-Сокольного и других месторождений. Апатиты Ошурковского месторождения и т. п.	4±10	15±10
		2,5±10	20±10
<b>II. Вкрапленные</b>			
II. 1. В массивных изверженных и осадочных породах	Вкрапленные руды полиметаллических месторождений Садовое, Миргалимсай. медные руды Алмалыка, редкометалльных месторождений Белозиминское, Африкандское и т. п.	6,5±10	7±5
II. 2. В жилах и дайках	Руды жильных золоторудных месторождений Средней Азии, Забайкалья, Якутии, оловянных и вольфрамовых месторождений Приморья, Якутии и др.	16±5	5±4
<b>III. Прожилково- и слоисто-вкрапленные</b>			
III. 1. Руды штокерковых месторождений	Руды вольфрамовых, молибденовых, медно-молибденовых месторождений Забайкалья, Казахстана и Средней Азии	6,5±5	10±8
III. 2. В линейно-вытянутых зонах трещиноватости	Руды полиметаллических месторождений Алтая, Средней Азии, Прибайкалья, оловорудных месторождений Комсомольского района, ртутных месторождений Терлиг-Хая и частично Никитовки и т. п.	8,3±6	10±8
<b>IV. Прожилковые, слоистые и переливающиеся</b>			
IV. 1. Прожилковые	Медные руды месторождения Дальнего: никель-кобальтовые руды Тувинской АССР, асбестовое месторождение Молодежное; оловянные - Тарбальджей, Иигода, Хрустальное; золотые - Советское, Коммунар и др.	3,3±15	25±15
IV. 2. Переслаивающиеся и полосчатые	Железистые кварциты Кольского полуострова, Кривого Рога, сферосидериты Дагестана	1,7±10	30±15
<b>V. Прожилково-гнездовые</b>			
V. Прожилково-гнездовые	Руды ртутных месторождений Средней Азии (Хайдаркан, Акташ, Чувай), отдельных участков Никитовки и др. Мусковит Луговского, Чуйского и Согдиондонского месторождений	20±10 6,5±5	4±3 8±5

2. Изучение влияния выхода керна на погрешность опробования для различных сортов руд (для бакалаврской работы)

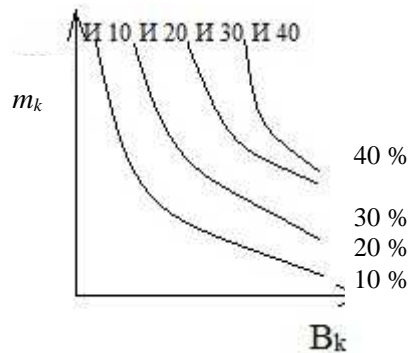
Слабонеоднородные руды **НП=2**

$m_k \backslash I$	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	$B_k^{1-1}$	$B_k^{1-2}$	...	...
10 %	...	$B_k$		$B_k^{2-4}$
15 %	$B_k^{3-1}$			$B_k^{4-4}$
20 %	...			$B_k^{5-4}$
25 %	$B_k^{5-1}$	...	...	$B_k^{5-4}$

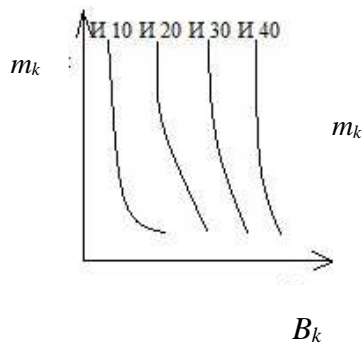


Среднеоднородные руды **НП=6**

$m_k \backslash I$	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	$B_k^{1-1}$	$B_k^{1-2}$	...	...
10 %	...	$B_k$		$B_k^{2-4}$
15 %	$B_k^{3-1}$			$B_k^{4-4}$
20 %	...			$B_k^{5-4}$
25 %	$B_k^{5-1}$	...	...	$B_k^{5-4}$



Сильнонеоднородные руды **НП=15**



$m_k \backslash I$	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	$B_k^{1-1}$	$B_k^{1-2}$	...	...
10 %	...	$B_k$		$B_k^{2-4}$
15 %	$B_k^{3-1}$			$B_k^{4-4}$
20 %	...			$B_k^{5-4}$
25 %	$B_k^{5-1}$	...	...	$B_k^{5-4}$

3. Основные аналитические задачи:

- 3.1. Для каких руд избирательность истирания более всего влияет на погрешность опробования?
- 3.2. При какой избирательности и в каких сортах руд наибольший эффект дают мероприятия по повышению выхода керна?
- 3.3. Постройте таблицу нормативных значений минимального выхода керна, при допустимой погрешности  $m_k=5\%$  (10 %, 15 %, 20 %, 25 %) для всех сортов руд (для всех табличных комбинаций НП и И).

## Расчет №2

### Определение рациональной частоты вращения бурового снаряда при твердосплавном бурении, рад/с

$$n = \frac{60 \cdot 0,105 \omega_0}{\pi \cdot D_0} \approx \frac{2 \cdot \omega_0}{D_0} ;$$

$$n = \frac{60 \cdot \omega_0}{\pi \cdot D_0} \approx \frac{20 \cdot \omega_0}{D_0} .$$

Таблица исходных данных

Обозначение	Наименование	Ед.изм	Пределы изменения		Примечание
			от	до	
$\omega_0$	Окружная скорость движения резцов	м/с	1,0 крепкие породы (У1-У3 кат.)	3,0 мягкие породы (II-IV кат.)	Ограничивается сверхнормативным износом
$D_0$	Средний диаметр коронки	м	$46 \cdot 10^{-3}$	$223 \cdot 10^{-3}$	Стандарт
$n_0$	Частота вращения	Рад/с об/ мин	9,3 93	65 500	Ограничение техническими условиями бурения

### Расчет №3

Минимальная (критическая) частота вращения шнекового снаряда, рад/с

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} * \frac{\sqrt{g * (\tan a + f)}}{f' * R * (1 - f * \tan a)} .$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Единица измерения	Пределы измерения	
			от	до
$R$	Радиус вала шнека	м	$50 * 10^{-3}$	$89 * 10^{-3}$
$a$	Угол подъема винтовой ленты	град	10	30
$f$	Коэффициент трения породы о шнек	-	0,25	1,4
$f'$	Коэффициент трения породы о породу	-	0,2	1,5
$g$	Ускорение силы тяжести	м/с <sup>2</sup>	9,8	

#### Основные аналитические задачи

- 1.1. Оцените влияние коэффициента трения породы о шнек и породы о породу на  $n_{\min}$ . Постройте графики зависимости  $n_{\min}$  от  $f$  и  $f'$  для различных значений  $R$  и  $a$ .
- 1.2. Оцените влияние конструктивных параметров шнека ( $R$  и  $a$ ) на  $n_{\min}$  для вязких ( $f'=1,5$ ;  $F=0,25$ ). Постройте графики.

## Расчет №4

### Определение критической скорости восходящего потока и расхода очистного агента по предельным нормативным характеристикам (для воды малоглинистых растворов)

1. Критическая скорость восходящего потока очистного агента, м/с:

$$U_{кр} = K_{\phi} \sqrt{\frac{d_u(\gamma_p - \gamma_r)}{\gamma_r}}$$

2. Рациональная скорость восходящего потока, м/с:

$$U_p = U_{кр} + U$$

3. Расход промывочной жидкости, обеспечивающий рациональную скорость движения восходящего потока, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{кр} = U_p * \frac{\pi(D_{скв}^2 - d_{бур.тр.}^2)}{4}$$

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$K_{\phi}$	Коэффициент формы частиц шлама	-	2,5 (плоские)	5,11 (ид. шар)
$d_u$	Диаметр (средний размер) частиц	м	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
$\gamma_p$	Удельный вес горной породы, руды	т/м <sup>3</sup>	2,0	5,5
$\gamma_r$	Удельный вес раствора	т/м <sup>3</sup>	1	1,15
$U$	Желательная скорость движения шлама вверх	м/с	0,1	0,3
$d_{бур.тр.}$	Диаметр бурильной колонны, номинальный (без учета износа)	м	$32 \cdot 10^{-3}$	$73 \cdot 10^{-3}$
$d'_{бур.тр.}$	Диаметр бурильной колонны, с учетом износа	м	$30 \cdot 10^{-3}$	$70 \cdot 10^{-3}$
$D_{скв}$	Диаметр скважины, номинальный	м	$46 \cdot 10^{-3}$	$225 \cdot 10^{-3}$
$D'_{скв}$	Диаметр скважины, с учетом разработки ствола	м	$47 \cdot 10^{-3}$ $230 \cdot 10^{-3}$	$50 \cdot 10^{-3}$ $250 \cdot 10^{-3}$
$D''_{скв}$	Диаметр скважины, с учетом каверн	м	По геолого-геофизическим и гидрогеологическим данным $D_{скв} \ 500 \cdot 10^{-3}$	
$Q$	Расход очистного агента	м <sup>3</sup> /с л/мин	0,0002 10,0	0,003 160

## Расчет №5

### Критический расход глинистого раствора с учетом реологии раствора

$$Q_{кр} = 0,392 * \eta * \frac{D+d}{\gamma} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{2*10^{-3}*\gamma*t_0*(D-d)^2}{3*\eta}} \right]$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерения		Примечания
			от	до	
$D$	Диаметр долота	мм	46	225	
$d$	Диаметр колонны	мм	32	73	
$\eta$	Пластическая вязкость	Пуаз (Па*с)	0,05	0,4	В зависимости от содержания глины в качестве раствора
$\gamma$	Уд. вес раствора	г/см <sup>3</sup>	1,01	1,2	
$t_0$	Динамическое напряжение сдвига	Дин/см <sup>2</sup>	50	600	
$Q$	Расход глинистого раствора	л/с	0,1	5,0	В зависимости от диаметра скважины
	Критическая скорость восходящего потока	м/с			

## Расчет №6

### Расчет осевой нагрузки при твердосплавном бурении, кН

$$P = \frac{b^2 * m}{\eta \sqrt{\frac{2\omega * \mu_k * D_H * n * K * \tan a}{b * P_{ш}}}}$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
<i>b</i>	Ширина резца	м	3*10 <sup>3</sup>	30*10 <sup>3</sup>
<i>K</i>	Количество резцов на ширине кольца	шт	2 (М-1)	4 (СТ-2)
<i>m</i>	Количество основных резцов	шт	8 (М-1)	30 (СА-3)
<i>μ<sub>к</sub></i>	Коэффициент резцов о породу	-	0,2	1,0
<i>ω</i>	Удельный износ резца	м <sup>3</sup> /Н*м	2	60
<i>D<sub>н</sub></i>	Наружный диаметр коронки	М	46*10 <sup>3</sup>	225*10 <sup>3</sup>
<i>n</i>	Частота вращения снаряда	рад/с	60	360
<i>a</i>	Угол приострения резца	град	45	90
<i>η</i>	Коэффициент угла приострения	-	0,97	0,9
<i>P<sub>ш</sub></i>	Твердость породы по штампу	Па	1*10 <sup>6</sup>	70*10 <sup>3</sup>

## Расчет №7

### Определение механической скорости (интенсивности) углубки скважины при твердосплавном бурении, м/ч

$$V_M = V_0 * e^{-\gamma t} = V_0 * \left(\frac{1}{e}\right)^{\gamma t}.$$

Если  $V_0 = 60 * n * h_0 * K * t$ ,

то  $V_M = 60 * n * h_0 * K * t * e^{-\gamma t}$ .

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$n$	Частота вращения снаряда	об/мин	40	600
$h_0$	Торцовый вылет основных резцов	М	$0,1 * 10^{-3}$	$5 * 10^{-3}$
$t$	Количество резцов	шт	4	20
$K$	Коэффициент включения резцов	-	0,3	0,5
$e$	Основание натуральных логарифмов	1/град	2,71	2,71
$\gamma$	Декремент затухания	-	0,1	1
$t$	Текущее время (длительность рейса)	Ч	0,5	6
$V_M$	Интенсивность углубки (механическая скорость)	м/ч	0,15	25
$V_0$	Начальная механическая скорость	м/ч		

Здесь  $V_M$  - величина приращения глубины скважины в единицу времени на данный момент (интенсивности углубки). Выражается показательной функцией постепенного замедления от максимального начального значения  $V_0$  в соответствии с  $\gamma$ .

$V_0$  и  $\gamma$  зависят от технологических условий: прочности пород, абразивности, характеристик инструмента, параметров бурения  $\{P_{ш}, K_{абр}, X_{и}, P_б\}$ .

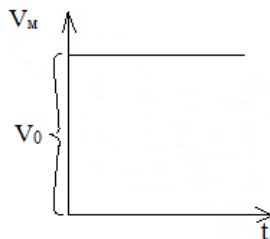
**Чем легче условия бурения и лучше инструмент**, тем больше  $V_0$  ( $\uparrow$ ) и меньше  $\gamma$  ( $\downarrow$ ) - долго не замедляется бурение.

**Чем интенсивнее режим бурения (максимальные параметры)**, тем больше  $V_0$  ( $\uparrow$ ) и  $\gamma$  ( $\uparrow$ ) - вначале углубка идет быстро, но очень быстро замедляется - на малой глубине приемлемо.

**Чем слабее режим бурения**, тем меньше  $V_0$ , но и тем медленнее затухание  $V_M$  (см. рисунок).

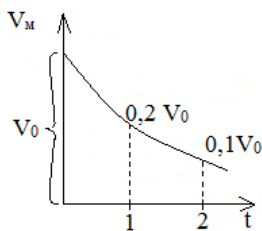
$$\gamma = 0; V_M = V_0$$

Незатупл. инструмент



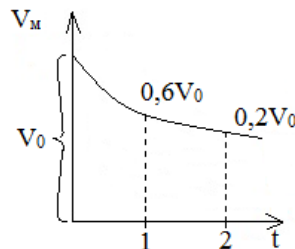
$$\gamma = 1; V_M = V_0 * \left(\frac{1}{2,7}\right)^t$$

Интенсивное затупление



$$\gamma = 0,5; V_M = V_0 * \left(\frac{1}{2,7}\right)^t$$

Интенсивное затупление



Графики изменения механической скорости от декремента затухания



## Расчет №8

### Определение механической скорости бурения на основе физико-механических свойств пород при алмазном бурении, м/ч

$$V_m = L * F_d^{-a} * K_{абр}^{-\beta}$$

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			однослойные алмазные коронки	импрегнированные алмазные коронки
$F_d$	Коэффициент динамической прочности пород	-	10-15	15-30
$K_{абр}$	Коэффициент абразивности пород	-	1,1-2,0	2,1-2,6
$L$	Коэффициент конструктивности коронки	-	5,9	0,14
$-a$	Коэффициент влияния прочности пород	-	0,36	0,2
$-\beta$	Коэффициент влияния абразивности пород	-	0,5	0,2
$V_m$	Механическая скорость бурения	м/ч	1,8-1,9	0,15-0,12

## Расчет №9

### Расчет шпинделя бурового станка

Шпиндель испытывает осевую нагрузку от механизма подачи и крутящий момент.

1. Напряжение от осевой нагрузки, Н/м<sup>2</sup>:

$$\sigma = \frac{4Q}{\pi*(D^2-d^2)}.$$

2. Крутящий момент на шпинделе, Н·м:

$$M = 9750 \frac{N^{max}}{n}.$$
$$N_{max} = N_g * \eta * \lambda, \text{ кВт}$$

3. Касательные напряжения от крутящего момента, снимаемого со шпинделя, Н/м<sup>2</sup>:

$$\tau = \frac{M}{2W};$$
$$W = \frac{\pi}{16} * \frac{D^4-d^4}{D}, \text{ м}^3.$$

4. Полное приведенное напряжение в теле шпинделя, Н/м<sup>2</sup>:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2 - \tau^2}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$Q$	Усилие подачи станка	Н	40000	50000
$D$	Наружный диаметр шпинделя	м	$51*10^{-3}$	$61*10^{-3}$
$d$	Внутренний диаметр шпинделя	м	$43*10^{-3}$	$53*10^{-3}$
$N_{max}$	Мощность, передаваемая на шпиндель	кВт	-	-
$n$	Число оборотов шпинделя	-	80	1500
$N_g$	Номинальная мощность шпинделя	-	0,8	
$\eta$	КПД передачи от вала двигателя до шпинделя	-		
$\lambda$	Коэффициент возможной перегрузки:			
	- электродвигатель	-	1,5	2,0
	-двигатель внутреннего сгорания	-	1,1	1,15

## Расчет №10

### Расчет механического зажимного патрона

Расчет патрона приведен для двух плашек, управляемых двумя болтами.

1. Допустимое осевое усилие по болту из условий его прочности на сжатие, Н:

$$P = F[\sigma_{сж}].$$

2. Допустимое осевое давление, развиваемое болтом, Н:

$$P' = \frac{\pi*(d^2-d_t^2)*l*P}{4t}.$$

3. Сила трения, при закреплении ведущей трубы в двух патронах, Н:

$$T = 4P' * f.$$

4. Окружное усилие, передаваемое патроном, Н:

$$P_0 = \sqrt{T_0^2 - Q^2}$$

5. Передаваемая мощность патронами, кВт:

$$N = \frac{P_v*V}{75}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$F$	Площадь поперечного сечения	м <sup>2</sup>	0,04	0,06
$[\sigma_{сж}]$	Допустимое напряжение сжатия	Н/м <sup>2</sup>	1000*10 <sup>5</sup>	1400*10 <sup>5</sup>
$d$	Наружный диаметр резьбы болта	м	0,03	0,5
$d_l$	Внутренний диаметр резьбы болта	м	0,025	0,4
$l$	Длина резьбы болта	м	0,03	0,5
$P$	Наибольшее удельное давление болта	Н/м <sup>2</sup>	65*10 <sup>5</sup>	75*10 <sup>5</sup>
$t$	Шаг резьбы болта	м	0,003	0,004
$f$	Коэффициент трения между плашками и бурильной трубой	-	0,35	0,4
$Q$	Осевое усилие	Н	40000	120000
$V$	Окружная скорость	м/с	0,2	0,85

## Расчет №11

### Расчет фрикционной лебедки

1. Скорость вращения подъемного вала лебедки, мин<sup>-1</sup>:

$$n_2 = n_1 \frac{d_1}{d_2} \varphi.$$

2. Скорость навивки каната на барабан, м/с:

$$V = \frac{(D+d)n_2}{60}.$$

3. Окружная скорость на ободе большого фрикционного колеса, м/с:

$$V_1 = \frac{\pi * d_2 * n_2}{60}.$$

4. Окружное усилие на ободе барабана, Н:

$$P = \frac{75 * N * \eta}{V}.$$

5. Окружное усилие на ободе фрикционного колеса, Н:

$$P_\phi = \frac{75 * N * \eta}{V_1}.$$

6. Необходимое усилие нажатия фрикционных колес друг на друга, Н:

$$Q = \frac{k * P_\phi * \sin \alpha}{f}$$

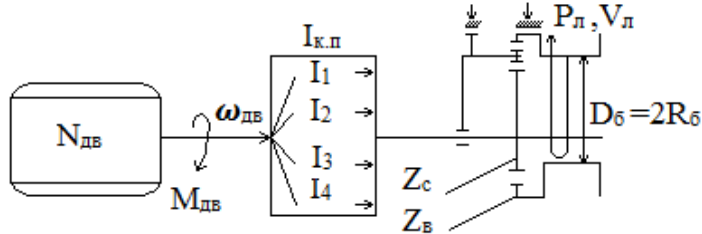
Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$n_1$	Число оборотов приводного вала станка	мин <sup>-1</sup>	80	
$d_1$	Диаметр малого фрикционного колеса	м	0,15	
$d_2$	Диаметр большого фрикционного колеса	м	0,8	
$\varphi$	Коэффициент скольжения при фрикционной передаче	-	0,98	
$D$	Диаметр барабана	м	0,22	
$d$	Диаметр каната	м	0,12	
$N$	Мощность электродвигателя станка	кВт	11	
$\eta$	КПД передачи от двигателя до барабана	-	0,8	
$k$	Коэффициент запаса	-	1,5	
$\alpha$	Угол наклона боковых поверхностей клиньев	град	12	15
$f$	Коэффициент трения чугуна по стали	-	0,2	

## Расчет №12

### Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик планетарной лебедки бурового станка

#### 1. Принципиальная расчетная схема



#### 2. Основные расчетные формулы:

$$N_{дв} = 713 * M_{дв} * \omega_{дв} (\text{л. с.}) = 973 * M_{дв} * \omega_{дв}, \text{ кВт}$$

$$M_{Б} = \frac{N_{дв}}{\omega_{дв}} * i_{к.п.} * \frac{Z_с}{Z_в}, \text{ Н*М;}$$

$$P_{л} = \frac{M_{Б}}{R_{Б}}, \text{ Н;}$$

$$\omega_{Б} = \frac{N_{дв}}{M_{Б}} * \frac{i}{i_{к.п.}} * \frac{Z_в}{Z_с}, \text{ об/мин;}$$

$$V_{л} = \omega_{Б} * 2\pi * R_{Б}, \text{ м/мин.}$$

Таблица основных исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$N_{дв}$	Мощность двигателя	кВт л.с.	10 15	150 220
$\omega_{дв}$	Число оборотов двигателя	об/мин	1200	5000
$i_{к.п.}$	Передаточное число коробки перемены передач	-	1 (прямая передача)	10 (высшая передача)
$D_{б}$	Диаметр барабана лебедки	м	0,2	0,7
$Z_с$	Число зубьев солнечной шестерни лебедки	шт	50	150
$Z_в$	Число зубьев венца лебедки	шт	250	1500

#### 3. Основные эксплуатационные характеристики лебедки

$P_{л}$  – рабочее усилие (грузоподъемность на прямом канате, кГс, Тс, кН, даН) на конкретной передаче ( $P_{л1}, P_{л2}, P_{л3}, \dots$ );

$V_{л}$  – скорость подъема груза (на прямом канате, м/мин) на конкретной передаче ( $V_{л1}, V_{л2}, V_{л3}, \dots$ ).

#### 4. Основное задание

4.1. Рассчитать и построить графики зависимости эксплуатационных характеристик лебедки ( $V_{л}, P_{л}$ ) от конкретных параметров бурового станка:  $Z_с$  и  $Z_в, D_{б}, i$ .

4.2. Рассчитать и построить графики зависимости мощности и механической характеристики ( $\omega_{дв} = F(N_{дв})$ ) двигателя.

## Расчет №13

### Расчет талевой системы

1. Натяжение на струне талевой системы, Н:

$$P_m = \frac{P_{\text{л}}}{\beta^m}.$$

2. Натяжение каната наматываемого на барабан лебедки, Н:

$$P_{\text{л}} = Q * \frac{\beta^m(\beta-1)}{\beta^m-1}.$$

3. Натяжение закрепленного конца каната, Н:

$$P_m = Q * \frac{\beta-1}{\beta(\beta^m-1)}.$$

4. КПД талевой системы, Н:

$$\eta = \frac{1}{m} * \frac{(\beta^m-1)}{\beta^m * (\beta-1)}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$\beta$	Коэффициент сопротивления узла одного ролика	-	1,03	1,04
$m$	Число струн талевой системы	шт	1	6
$Q$	Нагрузка на крюке	Н	15000	55000

## Расчет №14

### Расчет колонны бурильных труб на прочность

#### Сечение I-I

1. Напряжение растяжения, Н/м<sup>2</sup>:

$$\sigma_p = \frac{Q_{кр}}{F}.$$

2. Напряжение кручения, Н/м<sup>2</sup>:

$$\tau = \frac{M_б}{W_p}.$$

3. Крутящий момент при бурении, Н\*м:

$$M_б = \frac{N_б}{\omega}.$$

4. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_б = N_{тр} + N.$$

5. Первый момент сопротивления, м<sup>3</sup>:

$$W_p = 0,1 * \frac{d_H^4 - d_B^4}{d_H}.$$

6. Суммарное напряжение в сечении I-I:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_p^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

#### Сечение II-II

7. Напряжение сжатия, Н/м<sup>2</sup>:

$$\sigma_{сж} = \frac{P_{ос}}{F}.$$

8. Напряжение изгиба, Н/м<sup>2</sup>:

$$\sigma_{из} = \frac{\pi^2 * E * D * f}{2 * l^2}.$$

9. Напряжения кручения, Н/м<sup>2</sup>:

$$\tau = \frac{M_б}{W_p}.$$

10. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_б = 1,5 * N_з.$$

11. Суммарное напряжение в сечении II-II, Н/м<sup>2</sup>:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{(\sigma_{сж} + \sigma_{из})^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

12. Запас статической прочности колонны:

$$n = \frac{\sigma_r}{\sigma_\Sigma} \geq 1,7.$$

13. Запас прочности по нормальным напряжениям:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{из} * k_g}.$$

14. Запас прочности по касательным напряжениям:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_r}{\tau}.$$

15. Суммарный запас прочности:

$$n_{\Sigma} = \frac{n_{\sigma} * n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 * n_{\tau}^2}}.$$

Таблица исходных данных

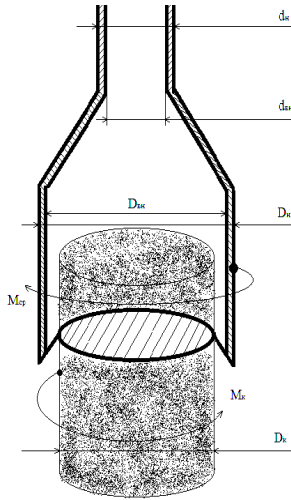
Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$Q_{кр}$	Нагрузка на крюке	Н	0	55000
$F$	Площадь опасного сечения	м <sup>2</sup>	$2,16 * 10^{-4}$	$7,06 * 10^{-4}$
$M_b$	Крутящий момент при бурении	Н*м	70	6500
$W_p$	Полярный момент сопротивления	м <sup>3</sup>	$5,4 * 10^{-6}$	$10,6 * 10^{-6}$
$N_b$	Мощность, затрачиваемая на бурение	кВт	1,5	70
$d_n$	Наружный диаметр бурильных труб	м	42	54
$d_v$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	22	40
$P_{ос}$	Осевая нагрузка на забой	Н	0	120000
$E$	Модуль упругости	Н/м <sup>2</sup>	$0,7 * 10^{11}$	$2,1 * 10^{11}$
$D$	Диаметр скважины	м	0,037	0,133
$f$	Стрела прогиба	м	0,01	0,025
$l$	Длина полуволны	м	5	30
$\omega$	Угловая скорость вращения снаряда	с <sup>-1</sup>	8,3	156
$N_{гр}$	Затраты мощности на вращение колонны бурильных труб	кВт	12	40
$N_z$	Затраты мощности на разрушение забоя	кВт	1,2	2,5
$[\sigma_g]$	Предел прочности материала, из которого изготовлены бурильные трубы	Н/м <sup>2</sup>	$230 * 10^5$	$683 * 10^5$



## Расчет №15

### Сопоставление конструктивных характеристик бурового снаряда и параметров керна при срыве вращением

#### 1. Принципиальная схема и таблица исходных расчетных данных



Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$d_n$	Наружный диаметр бурильных труб	м	$32 \cdot 10^{-3}$	$73 \cdot 10^{-3}$
$d_{вн}$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	$22 \cdot 10^{-3}$	$59 \cdot 10^{-3}$
$D_n$	Наружный диаметр колонковой трубы	м	$34 \cdot 10^{-3}$	$219 \cdot 10^{-3}$
$D_{вн}$	Внутренний диаметр колонковой трубы	м	$27 \cdot 10^{-3}$	$203 \cdot 10^{-3}$
$D_k$	Диаметр керна	м	$23 \cdot 10^{-3}$	$199 \cdot 10^{-3}$
$[\tau_{тр}]$	Прочность материала труб при кручении	МПа	162	284
$[\tau_k]$	Прочность горных пород при кручении	МПа	1,5	56,0

#### 2. Основные аналитические зависимости.

Момент срыва керна  $M_{ср}$  равен моменту реакции керна  $M_k$ , Н\*м :

$$M_{ср} = [\tau_{тр}] * W_{тр} = [\tau_k] * W_k = M_k$$

где  $W_{тр}$ - момент сопротивления поперечного сечения труб, м<sup>3</sup>:

а) бурильных труб:

$$W_{тр}^{б.тр} = \frac{\pi}{16} * \frac{d_n^4 - d_{вн}^4}{d}$$

б) колонковых труб:

$$W_{тр}^к = \frac{\pi}{16} * \frac{D_{н.к.т}^4 - D_{вн.к.т}^4}{D_{н.к.т}}$$

$W_k$ - момент сопротивления поперечного сечения керна, м<sup>3</sup>:

$$W_k = \frac{\pi * D_k^4}{32}$$

#### 3. Основные аналитические задачи

3.1. Задайте некоторое значение прочности горной породы и материала труб. Постройте графики зависимости минимальных значений наружного диаметра бурильных труб (при постоянной толщине стенок) от диаметра керна.

3.2. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от диаметра срываемого керна.

3.3. Задайте некоторый постоянный диаметр керна и материала труб. Постройте графики зависимости минимального диаметра бурильных труб от прочности горной породы.

3.4. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от прочности горной породы.

3.5. Задайте диаметры труб и керна, постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

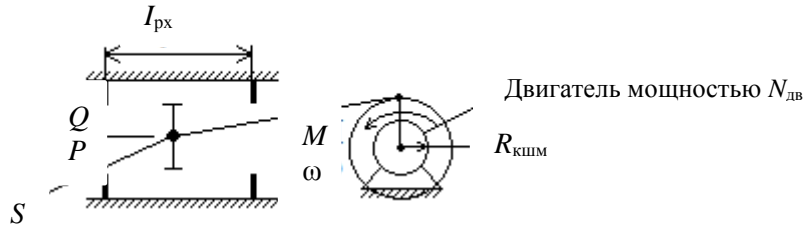
3.6. Задайте диаметры труб, прочность горной породы и постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

3.7. Повторите расчеты 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 при измененных начальных условиях.

## Расчет №16

### Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик бурового промывочного насоса

#### 1. Принципиальная расчетная схема



#### 2. Основные расчетные формулы

$$N_{дв} = K_i * M * \beta ,$$

где  $M$  – крутящий момент, кгс\*м;

$\omega$  – частота вращения, об/мин;

$N_{дв}$  – мощность двигателя (при  $K_1=973$  кВт, а при  $K_2=713$  л. с.).

$$Q = S * I_{рх} * \omega ;$$

$$P = \frac{M}{R_{кшм}} * \frac{1}{S} ;$$

$$I_{рх} = 2 * R_{кшм} ,$$

где  $Q$  – расход промывочной жидкости, м<sup>3</sup>/мин;

$S$  – площадь поршня, м<sup>2</sup>;

$I_{рх}$  – ход поршня, м;

$P$  – рабочее давление в напорной магистрали, кгс/м<sup>2</sup>

$R_{кшм}$  – радиус кривошипа, м.

#### 3. Расчетно-аналитические задачи

##### 3.1. При постоянной мощности асинхронного двигателя:

- Как влияет площадь поршня  $S$  на эксплуатационные характеристики насоса (построить графики  $P=f_1(S)$  и  $Q=f_2(S)$  для  $N=10, \dots 50$  кВт).
- Как влияет радиус кривошипа и величина рабочего хода поршня на эксплуатационные характеристики насоса.

##### 3.2. С изменяемой мощностью:

- До какой глубины возможно применение насоса с приводом 10, 20, ... 50 кВт, если гидросопротивления на каждые 100 м скважины при алмазном бурении ( $Q=300$  л/мин) составляют 10 атмосфер, при твердосплавном бурении ( $Q=60$  л/мин) 7 атмосфер, при шарошечном бурении ( $Q=100$  л/мин) 15 атмосфер.

## Расчет №17

### Расчет эрлифта для откачки воды из скважины

#### Условия откачки:

- Проектный дебит откачки  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч.
- Глубина статического уровня в скважине  $h_0$ , м.
- Проектное понижение уровня воды при откачке  $h_{п}$ , м.
- Мощность водоносного горизонта  $m$ , м.
- Глубина залегания водоносного горизонта  $L$ , м.
- Конструкция эрлифта с расположением эрлифтных труб по схеме «рядом».

Расчетная схема представлена на рисунке.

#### 1. Расчет глубины погружения смесителя

1.1 Определяется проектный динамический уровень воды в скважине, при откачке воды относительно излива:

$$h_g = h_0 + h_{п} + h_{и} ,$$

где  $h_g$  – проектный динамический уровень, м;

$h_0$  – статический уровень, м;

$h_{п}$  – проектное понижение уровня, при откачке ( $h_{п} \leq 0,4 m$ ), м;

$m$  – мощность водоносного горизонта, м;

$h_{и}$  – высота расположения излива относительно устья скважины (0,5 м), м.

1.2. Определяется глубина погружения смесителя относительно уровня излива, при проектном динамическом уровне воды в скважине:

$$H = K + h_g ,$$

где  $H$  – погружение смесителя относительно уровня излива, м;

$h_g$  – динамический уровень относительно излива, м;

$K$  – коэффициент погружения смесителя.

Абсолютная величина коэффициента погружения смесителя  $K$  в зависимости от динамического уровня определяется опытным путем и поэтому принимается при расчетах согласно табл.1.

Таблица 1

Зависимость коэффициента погружения смесителя эрлифта от динамического уровня

$h_g$	70-40	60-20	30-10
$K$	1,4-1,6	1,7-2	2,5-3

#### 2. Расчет расхода и давления воздуха, нагнетаемого в эрлифтную систему

2.1. Определяется удельный расход воздуха для откачки из скважины 1 м<sup>3</sup> воды:

$$W_0 = \frac{h_g}{C_0 * \log_{10} \frac{h_g * (K-1) + 10}{10}} ,$$

где  $W_0$  – удельный расход воздуха, приводимый к 1 атм или 0,1 МПа, м<sup>3</sup>/мин;

$h_g$  – динамический уровень воды в скважине, м;

$K$  – принятый коэффициент погружения смесителя;

$C_0$  – опытный коэффициент, зависящий от коэффициента погружения смесителя, принимается согласно табл. 2.

Таблица 2

Зависимость коэффициента  $C_0$  от  $K$

$K$	4	3,35	2,85	2,5	2,2	2	1,8	1,7	1,55
$C_0$	14,3	13,9	13,6	13,1	12,4	11,5	10	9	8

При расчете удельного расхода воздуха для откачки из скважины жидкостей, имеющих удельный вес больше единицы ( $\gamma_{ж} > 1$ ), г/см<sup>3</sup>, необходимо  $W_0$  умножить на  $\gamma_{ж}$ .

2.2. Определяется полный расход воздуха для откачки воды из скважины с проектной производительностью  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч:

$$\sum W_0 = \frac{Q \cdot W_0}{60},$$

где  $\sum W_0$  – суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м<sup>3</sup>/мин;

$Q$  – проектный дебит откачки, м<sup>3</sup>/мин

$W_0$  – удельный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м<sup>3</sup>/мин.

### 3. Расчет необходимого давления и производительности для выбора компрессора

3.1. Определение необходимого давления сжатого воздуха, при спуске компрессора:

$$P_n = 0,01 * (K * (h_g - h_0) + P_1),$$

где  $P_n$  – пусковое давление компрессора, МПа;

$K$  – принятый коэффициент погружения смесителя;

$h_g$  – динамический уровень воды в скважине, м;

$h_0$  – статический уровень воды в скважине, м;

$P_0$  – потери напора в воздухопроводах, при спуске компрессора:  $P_1 = 1$  м. вод. ст.

3.2. Определение рабочего давления компрессора в процессе откачки воды из скважины:

$$P_p = 0,01 * (h_g * (K - 1) + P_2),$$

где  $P_p$  – рабочее давление компрессора, МПа;

$h_g$  – динамический уровень воды в скважине, м;

$K$  – принятый коэффициент погружения смесителя;

$P_p$  – потери напора в воздухопроводах, при процессе откачки.

3.3. Определение рабочего расхода сжатого воздуха в процессе откачки воды из скважины с проектной производительностью  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч:

$$W_p = \sum W_0 * \frac{P_0}{P_p},$$

где  $W_p$  – рабочий расход промывочной жидкости, м<sup>3</sup>/мин;

$\sum W_0$  – полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м<sup>3</sup>/мин;

$P_0$  – атмосферное давление воздуха,  $P_0=0,1$  МПа;

$P_p$  – рабочее давление сжатого воздуха, МПа.

### 3.4. Выбор компрессора для оборудования эрлифта.

Для откачки воды из скважины с проектной производительностью  $Q$  давление компрессора  $P_k$  и производительностью компрессора  $q_k$  выбирается согласно следующим условиям:

$$P_k \geq P_n; \quad P_k \geq P_p; \quad q_k \geq W_p.$$

## 4. Расчет внутренних диаметров эрлифтных колонн

### 4.1. Выбор скоростей движения потоков воздуха и аэрированной воды в эрлифтных колоннах труб.

Для устойчивой и эффективной работы эрлифта необходимо обеспечить следующие скорости движения потоков воздуха и аэрированной воды в эрлифтных колоннах труб:

$V_b$  – скорость потока в воздухопроводной колонне труб:

$$V_b = 10 \text{ м/с};$$

$V_c$  – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб над смесителем

$$V_c = (2-4) \text{ м/с};$$

$V_n$  – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб, перед изливом

$$V_n = (6-12) \text{ м/с}.$$

$V_c$  и  $V_n$  зависят от  $h_g$  (чем больше  $h_g$ , тем больше  $V_c$  и  $V_n$ ).

### 4.2. Расчет площади сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне:

$$\omega_b = \frac{W_p}{60 \cdot V_b},$$

где  $\omega_b$  – площадь сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне, м<sup>2</sup>;

$W_p$  – рабочий расход сжатого воздуха, м<sup>3</sup>/мин;

$V_b$  – скорость потока воздуха в воздухопроводной колонне, м/с.

### 4.3. Расчет площади потока аэрированной воды в водоподъемной колонне

#### 4.3.1. Определение расхода воды над смесителем:

$$q_c = \frac{Q}{360} + \frac{W_p}{60},$$

где  $q_c$  – расход аэрированной воды над смесителем, м<sup>3</sup>/с;

$Q$  – проектный дебит откачки, м<sup>3</sup>/ч;

$W_p$  – рабочий расход сжатого воздуха, м<sup>3</sup>/мин.

#### 4.3.2. Расчет площади сечения потока аэрированной воды над смесителем:

$$\omega_c = \frac{q_c}{V_c},$$

где  $\omega_c$  – площадь сечения потока над смесителем, м<sup>2</sup>;

$q_c$  – расход потока над смесителем, м<sup>3</sup>/с;

$V_c$  – скорость потока над смесителем, м/с.

#### 4.3.3. Определение расхода аэрированной воды перед изливом:

$$q_n = \frac{Q}{3600} + \frac{\sum W_0}{60},$$

где  $q_n$  – расход аэрированной воды перед изливом, м<sup>3</sup>/с;

$Q$  – проектный дебит откачки, м<sup>3</sup>/ч;

$\sum W_0$  – суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м<sup>3</sup>/мин.

#### 4.3.4. Расчет площади сечения аэрированной воды перед изливом:

$$\omega_n = \frac{q_n}{V_n},$$

где  $\omega_n$  – площадь потока перед изливом, м<sup>2</sup>;  
 $q_n$  – расход потока перед изливом, м<sup>3</sup>/ч;  
 $V_n$  – скорость потока перед изливом, м/с.

#### 4.4. Расчет внутренних диаметров внутренних эрлифтных колонн

Внутренние диаметры эрлифтных колонн определяются на основании площадей сечений потоков воздуха в воздухопроводной колонне и аэрированной воды в водоподъемной колонне по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4\omega_n}{\pi}},$$

где  $d$ - внутренний диаметр трубы, м;  
 $\omega_n$ - площадь сечения потока в трубе, м<sup>2</sup>.

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$L$	Глубина залегания водоносного горизонта	м	50	150
$h_0$	Статический уровень воды	м	8	26
$h_n$	Понижение уровня воды	м	1	5
$Q$	Дебит	м <sup>3</sup> /ч	10	130
$m$	Мощность водоносного горизонта	м	2	14

## Расчет №18

### Цементирование скважин

*Основная цель цементирования* – получение прочного водогазонефте непроницаемого, концентрично расположенного в затрубном пространстве кольца цементного камня, который по всей высоте обеспечивал бы разобщение и надежную изоляцию вскрытых скважиной продуктивных горизонтов и зон осложнений.

Способ цементирования выбирается в зависимости от температуры в ее стволе, опасности поглощения при заданной высоте подъема цементного раствора и возникновения затрубных проявлений в период ОЗЦ для каждой конкретной скважины.

*Расчет цементирования сводится к определению:*

- потребного количества сухого цемента, воды, промывочной жидкости;
- конечного давления при цементировании и выбора типа и потребного количества цементировочных агрегатов и цементно-смесительных машин;
- продолжительности цементирования.

#### **1. Определение потребного количества сухого цемента, воды, промывочной жидкости при цементировании обсадной колонны**

1.1. Определение потребного количества цементного раствора, м<sup>3</sup>:

$$V_{п.р.} = \frac{\pi}{4} [(k^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot h_{ц} + h_0 \cdot d_{в}^2],$$

где  $k$  – коэффициент увеличения ствола скважины ( $k = 1,1 \div 1,25$ ).

1.2. Определение удельного веса цементного раствора, г/см<sup>3</sup>:

$$\gamma_{ц,р} = \frac{\gamma_{ц} \cdot \gamma_{в} \cdot (1+m)}{m \cdot \gamma_{ц} + \gamma_{в}},$$

где  $\gamma_{ц}$ ,  $\gamma_{в}$  – соответственно удельный вес сухого цемента и воды

( $\gamma_{ц} = 3,15$  г/см<sup>3</sup>,  $\gamma_{в} = 1,0$  г/см<sup>3</sup>);

$m$  – цементное отношение.



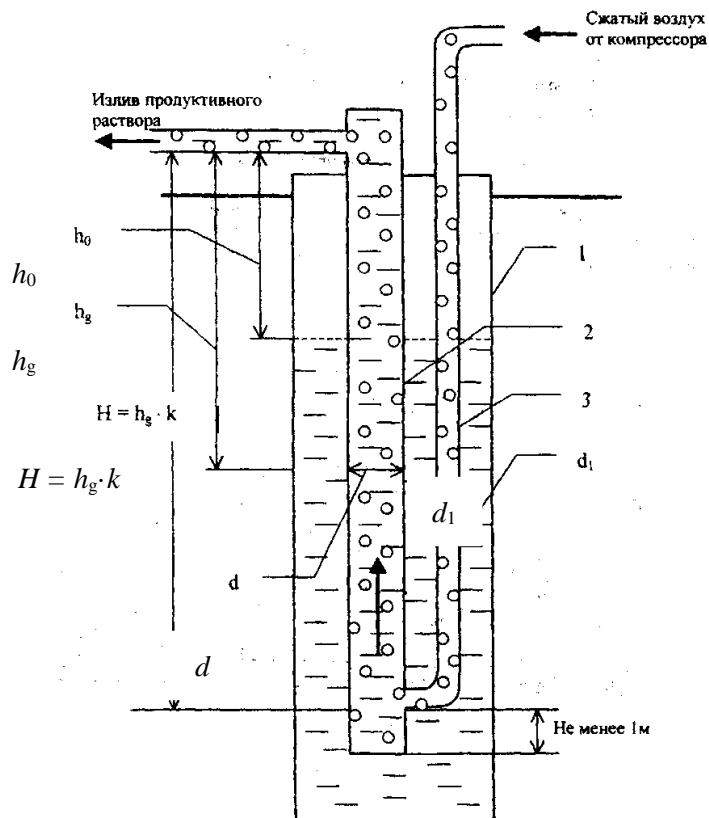


Схема эрлифта с расположением труб «рядом»:

1 – обсадные трубы; 2 – водоподъемные трубы; 3 – воздухопроводные трубы

1.3. Определение потребного количества сухого цемента, т:

$$Q_{\text{ц}} = e \cdot \frac{1}{1+m} \cdot \gamma_{\text{ц.п}} \cdot V_{\text{ц.п}},$$

где  $e$  – коэффициент, учитывающий потери сухого цемента при транспортировке и затворении ( $e = 1,03 \div 1,05$ ).

1.4. Определение потребного количества воды для затворения цемента, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{в}} = m \cdot Q_{\text{ц}}.$$

1.5. Определение объема продавочной жидкости, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{пр}} = \Delta \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{вн.сп}}^2 \cdot (L - h_0),$$

где  $\Delta$  - коэффициент, учитывающий сжатие жидкости ( $\Delta = 1,03 \div 1,05$ ).

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений		Примечание
			от	до	
$D$	Диаметр долота	м	161	445	$D$ (161, 172, 190, 214, 243, 269, 295, 320, 346, 370, 394, 445)
$d$	Диаметр обсадных труб	м	114	340	$d$ (114, 127, 146, 168, 178, 194, 219, 245, 273, 299, 324, 340, 508)
$\delta$	Толщина стенки обсадных труб	мм	6,5	12	
$d_{\text{вн.ср}}$	Средний внутренний диаметр обсадных труб	м	$(d - \delta)$		
$h_{\text{ц}}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000	
$h_0$	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20	
$L$	Глубина спуска обсадных труб	м	50	4000	

## 2. Определение конечного давления при цементировании

2.1 Определение давления в цементировочной головке в конце цементирования, атм:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{гидр}} + 0,1 \cdot [(L - h_{\text{ц}})\gamma_{\text{г.р}} + (h_{\text{ц}} - h_0)\gamma_{\text{г.р}} - (L - h_0)\gamma_{\text{пр.ж}}] + (15 \div 20),$$

где  $P_{\text{гидр}}$  – гидравлические сопротивления, атм.:

$$P_{\text{гидр}} = 0,01L + 8, (V_{\text{восх}} \leq 1 \text{ м/с и 1 агрегатом}),$$

$$P_{\text{гидр}} = 0,02L + 16, (V_{\text{восх}} > (1 \div 2) \text{ м/с});$$

$L$  – длина эксплуатационной колонны, м;

$h_{\text{ц}}$  – высота цементирования, м;

$h_0$  – высота цементного стакана, м;

$\gamma_{\text{г.р}}$  – плотность глинистого раствора, г/см<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{п}}$  – плотность продавочной жидкости, г/см<sup>3</sup>.

(15 ÷ 20) – скачок давления на манометре в момент посадки продавочной пробки на упорное кольцо, атм.

Выбор ЦА  $P_{\text{агр}} \geq P_{\text{max}}$  (выписываем характеристику ЦА –  $P$  и  $q$ ).

2.2. Определение производительности цементировочного кольца агрегата в конце цементировочного агрегата в конце цементирования, м<sup>3</sup>/с:

$$\sum q = \frac{\pi}{4} \cdot (K^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot V_{\text{восх}},$$

где  $K$  – коэффициент кавернозности;

$V_{\text{восх}}$  – скорость восходящего потока, м/с.

2.3. Определение необходимого количества цементировочных агрегатов по скорости, шт:

$$n = \frac{\sum q}{q^v} + 1,$$

где  $\sum q$  – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, м<sup>3</sup>/с;

$q^v$  – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

### Характеристика ЗЦА-400

Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1 мин	d = 100 мм		d = 115 мм		d = 127 мм	
		подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм
I	53,2	6,5	400	8,6	305	11,25	232
II	76,2	9,6	270	12,7	205	16,10	163
III	112,5	14,2	182	18,7	138	23,8	110
IV	156,0	19,7	131	26,0	100	33,0	79

### Характеристика ЦА-320М

Режим работы	Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1 мин	d = 90 мм		d = 100 мм		d = 115 мм		d = 127 мм	
			подача, л/с	подача, л/с	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм
Максимальная производительность	I	28	2,4	390	3,0	305	4,1	225	5,1	182
	II	54	4,5	202	5,8	159	7,9	117	9,9	95
	III	97	8,3	113	10,4	88	14,2	65	17,6	52
	IV	125	10,6	87	13,5	69	18,3	50	22,8	40
Максимальное давление	I	27	2,3	400	2,9	320	3,9	230	4,9	185
	II	41	3,5	231	4,4	182	6,0	134	7,5	109
	III	73	6,2	130	7,8	103	10,7	75	13,3	61
	IV	94	8,0	102	10,1	80	13,8	59	17,1	47

#### 2.4. Определение количества цементно-смесительных машин, шт:

$$i = \frac{Q_{ц}}{20}$$

где  $Q_{ц}$  - количество цемента, необходимое для цементирования эксплуатационной колонны, т.

#### Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений	
			от	до
$D$	Диаметр долота	м	161	445
$d$	Диаметр обсадных труб	м	114	340
$L$	Глубина спуска обсадной колонны	м	50	4000
$h_{ц}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000
$h_0$	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20
$\gamma_{г.р}$	Удельный вес глинистого раствора	г/см <sup>3</sup>	1,2 ÷ 1,25 ÷ 1,3	
$\gamma_{ц.р}$	Удельный вес цементного раствора	г/см <sup>3</sup>	1,9 ÷ 1,85 ÷ 1,8	
$\gamma_{п}$	Удельный вес продажной жидкости	г/см <sup>3</sup>	1,0 ÷ 1,25	
$V_{восх.}$	Скорость подъема восходящего потока цементного раствора в затрубном пространстве: - для кондукторов и технических колонн - для эксплуатационных колонн	м/с	(0,6 ÷ 0,8) (1,2 ÷ 1,5)	
$k$	Коэффициент увеличения диаметра ствола скважины	-	1,1	1,25

3. Определение продолжительности цементирования обсадной колонны  
Возможность начала закачки определяется следующим условием:

$$P^V > P_r,$$

где  $P^V$  – максимальное давление, развиваемое ЦА на наивысшей скорости, атм;  
 $P_r$  - давление на преодоление в скважине в скважине гидравлических сопротивлений, атм.

$$P_r = 0,01L + 8 \text{ (при } V_{\text{восх}} \leq 1 \text{ м/с);}$$

$$P_r = 0,02L + 16 \text{ (при } V_{\text{восх}} \leq 2 \text{ м/с).}$$

Если условие не выполняется, выбираем ближайшую скорость, на которой

$$P_{\text{агр}} > P_r.$$

3.1. Определяем, сколько цементного раствора будет закачено на этих скоростях:

$$h_{\text{ц.р}}^{IV} = \frac{10(P_r - P^V)}{(\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}})},$$

где  $h_{\text{ц.р}}^{IV}$  - высота столба цементного раствора, который необходимо закачать на IV скорости, м;

$P^V$  – давление, создаваемое насосом агрегата на V скорости.

Определяем объем раствора, закачанного на IV скорости, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ц.р}}^{IV} = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн.ср}}^2}{4} \cdot h_{\text{ц.р}}^{IV},$$

Определяем объем цементного раствора, закачанного на V скорости, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ц.р}}^V = V_{\text{ц.р}} - V_{\text{ц.р}}^{IV}.$$

3.2. Определение высоты столба продажной жидкости в колонне при работе агрегата на V скорости, м:

$$I_i^V = \frac{L \cdot (d_{\text{вн}}^2 + k^2 \cdot D_c^2 - d_{\text{э.к}}^2) + (k^2 \cdot D_c^2 - d_{\text{э.к}}^2) \cdot \frac{10(P_{\text{н}}^V - P_r)}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - \frac{4V_{\text{ц.р}}}{\pi}}{(k^2 \cdot D_c^2 - d_{\text{э.к}}^2) \frac{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{пр.ж}}}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} + d_{\text{вн}}^2}.$$

**Определяем постоянные элементы для данной формулы:**

$$a = L \cdot (d_{\text{вн}}^2 + k^2 \cdot D_c^2 - d_{\text{э.к}}^2);$$

$$b = (k^2 \cdot D_c^2 - d_{\text{э.к}}^2);$$

$$c = \frac{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{пр.ж}}}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}};$$

$$Z = \frac{4V_{\text{ц.р}}}{\pi};$$

$$I_1^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_{\text{н}}^V - P_r)}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2}.$$

3.3. Определение высоты подъема цементного раствора за колонной на V скорости агрегата, м:

$$I_2^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_H^V - P_r)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - Z}{b \cdot c + d_{BH}^2},$$

т. е.

$$I_2^V = \frac{Z - d^2(L - I_1^V)}{b}.$$

3.4. Высота столба продавочной жидкости на IV скорости агрегата, м:

$$I_1^{IV} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{IV} - P^V)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - Z}{b \cdot c + d_{BH}^2}.$$

3.5. Высота подъема цементного раствора за колонной на IV скорости агрегата, м:

$$I_2^{IV} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{IV})}{b}.$$

3.6. Высота столба продавочной жидкости на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{III} - P^{IV})}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - Z}{b \cdot c + d_{BH}^2}.$$

3.7. Высота подъема цементного раствора за колонной, на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{III})}{b}.$$

3.8. Определяем количество продавочной жидкости, закачиваемой на различных скоростях агрегата, м<sup>3</sup>:

$$V_{пр}^V = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{BH}^2}{4} \cdot I_1^V;$$

$$V_{пр}^{IV} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{BH}^2}{4} \cdot (I_1^{IV} - I_1^V);$$

$$V_{пр}^{III} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{BH}^2}{4} \cdot (I_1^{III} - I_1^{IV});$$

$$V_{пр}^I = V_{пр} - V_{пр}^I - V_{пр}^{III} - V_{пр}^{IV} - V_{пр}^V;$$

$$V_{пр}^I = 2.$$

3.9. Определяем время работы одним агрегатом на разных скоростях, мин:

$$t^V = \frac{(V_{ц.р}^V + V_{пр}^V)}{q^V \cdot 60};$$

$$t^{IV} = \frac{(V_{ц.р}^{IV} + V_{пр}^{IV})}{q^{IV} \cdot 60};$$

$$t^{III} = \frac{(V_{ц,р}^{III} + V_{пр}^{III})}{q^{III} \cdot 60};$$

$$t^{II} = \frac{(V_{ц,р}^{II} + V_{пр}^{II})}{q^{II} \cdot 60};$$

$$t^I = \frac{(V_{ц,р}^I + V_{пр}^I)}{q^I \cdot 60}.$$

3.10. Общее время цементирования, мин:

$$T' = t^I + t^{II} + t^{III} + t^{IV} + t^V.$$

С учетом подготовительно-заключительных работ

$$T_{ц} = T' + 15 \text{ мин.}$$

3.11. Определяем температуру на забое скважины, °С:

$$t_{заб} = t_{ср} + 0,025L,$$

где  $t_{ср}$  – среднегодовая температура воздуха, °С,

$L$  – глубина скважины, м.

3.12. Определяем количество агрегатов, шт:

По времени схватывания

$$n_{ЦА} = \frac{T}{0,75T_{скв}} + 1,$$

по скорости

$$n = \frac{\sum q}{q^V} + 1,$$

где  $\sum q$  – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, л/с;

$q^V$  – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Технология бурения разведочных скважин / А. Г. Калинин, В. И. Власюк, О. В. Ошкордин, Р. М. Скрябин. - М.: Техника, ТУМА ГРУПП, 2004. - 528 с.
2. Башкатов Д. Н., Кривошеев В. В., Соловьев Н. В. Бурение разведочных скважин: учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2007.
3. Гусман А. М., Порожский К. П. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование. – Екатеринбург, 2002. - 592 с.

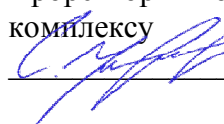
### Дополнительная:

1. Ошкордин О. В. Технологическое проектирование в разведочном бурении на твердые полезные ископаемые: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 1994.
2. Калинин А. Г., Ошкордин О. В. Разведочное бурение. – М.: Недра, 2000.
3. Михайлова Н. Д. Техническое проектирование колонкового бурения. – М.: Недра, 1985.
4. Ганджумян Р. А. Практические расчеты в разведочном бурении. – М.: Недра, 1986.
5. Поляков Г. Д., Булгаков Е. С. Проектирование, расчет и эксплуатация буровых установок. – М.: Недра, 1983.
6. Кирсанов А. Н., Зиненко В. П., Кардыш В. Г. Буровые машины и механизмы. – М.: Недра, 1986.
7. Элияшевский И. В., Орсуляк А. М. Типовые задачи и расчеты в бурении. – М.: Недра, 1974.
8. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду /под общей ред. В. В. Дубровского – Второе издание, перераб. и доп. – М.: Недра, 1972.
9. Справочник по бурению скважин на воду / под общей ред. Д. Н. Башкатова. – М.: Недра, 1979.
10. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин /авторский колл.; гл. ред. проф. Е. А. Козловский. – СПб, 2000.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по  
комплексу



С.А. Зоров



## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Б1.О.26 СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Специальность:

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация :

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

форма обучения: очная, заочная

Автор: Бутин В.В., к.г.-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры

Геологии

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Огородников В. Н.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 24.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией  
факультета

Геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Бондарев В. И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург



**Методические рекомендации по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ**

Заведующий кафедрой



В. А. Душин

**КРАТКАЯ МЕТОДИКА**  
**составления курсовой работы**  
**по теме ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УРАЛА**

**1. Задача курсовой работы.**

Основной задачей курсовой работы по структурной геологии является получение студентами навыков обработки имеющихся геологических материалов по конкретной площади и подготовка комплекса картографических и текстовых материалов по площади. Обязательными компонентами работы являются – Геологическая Карта и текст Проекта (Объяснительная Записка к геологической карте). В тексте работы должны быть отражены основные черты геологического строения рассматриваемой территории (только в пределах проектного листа) – Введение, Географическое положение, Стратиграфия, Магматизм, Тектоника, Полезные ископаемые.

**2. Исходные материалы.**

Для подготовки материалов к курсовой работе студентам выдаются в электронном компьютерном виде (на индивидуальные флеш-носители) следующие материалы:

**а.** Геологическая карта масштаба 1:200 000 района проектной площади с легендой (условные обозначения), стратиграфической колонкой, геологическими разрезами (1-3 разреза). Материалы даются в растровом виде (jpg., tif., bmp....).

**б.** Топографическая карта масштаба 1:500 000 – 1:1 000 000 (растр) с нанесенной координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

**в.** Тектоническая схема района (растр, часть тектонической карты Урала масштаба 1:1 000 000) с координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

**г.** Текст геологического строения листа масштаба 1:200 000 (Word, pdf, ....). Он содержит сокращенную геологическую характеристику района из Объяснительной Записки к Карте или из Геологического отчета.

**д.** Текстовое приложение (Word) СПИСОК ИНТРУЗИЙ. Отмечены номера и названия интрузивных массивов, выделенные на тектонической схеме.

**3. Требуется:**

***А. Подготовка геологической карты.***

**а.** Из геологической карты масштаба 1:200 000 «вырезать» намеченную  $\frac{1}{4}$  часть планшета, соответствующую стандартному листу масштаба 1:100 000 и обозначить его номенклатуру. Необходимо помнить, что номенклатуры листов масштаба 1:200 000 и 1:100 000 обозначаются по-разному. Например, лист О-41-ХІІІ (1:200 000) содержит листы О-41-49, 50, 61, 62 (1:100 000).

**б.** Из общей легенды карты масштаба 1:200 000 выделить («вырезать») только те условные обозначения, которые имеют отношение к выбранному листу масштаба 1:100 000.

**в.** «Обработать» стратиграфическую колонку. В стратиграфической колонке оставить только те подразделения, который имеют распространение на территории описываемого листа масштаба 1:100 000, остальные подразделения из колонки убрать («вырезать»).

**г.** Использование геологического разреза (разрезов). Если линия приведенного к карте масштаба 1:200 000 геологического разреза проходит через описываемую площадь листа 1:100 000, то этот разрез (или его часть) можно в неизменном виде приложить к описываемой карте. Если линия разреза находится за пределами выбранного планшета, то

геологический разрез к этому планшету необходимо построить самостоятельно, ориентируясь на структурное положение комплексов и их взаимоотношения, показанные на имеющемся разрезе.

д. Оформить геологическую карту масштаба 1:100 000.

- Заголовок - аналогичный исходной карте 1:200 000. Здесь необходимо выделить «собственную» номенклатуру, например О-41-62.

- Показать планшет геологической карты масштаба 1:100 000. Форма планшета не должна быть искажена, пропорциональна, для этого масштаба размер планшета (по меридиану) должен составлять 37 см.

- К геологической карте добавить условные обозначения, стратиграфическую колонку, геологический разрез.

- Оформленная геологическая карта предоставляется в бумажном варианте, подготовленном и отпечатанном электронным способом. В виде исключения Геологическая карта проекта может быть подготовлена и раскрашена ручным способом.

### ***Б. Подготовка текста Объяснительной записки.***

В тексте Объяснительной записки приводится характеристика геологического строения и полезных ископаемых (перечень разделов указан выше), имеющих распространение только в пределах описываемого планшета масштаба 1:100 000. Для этого в тексте оставить только ту информацию, которая имеет отношение к описываемому планшету, удалив все остальное. Общий объем текста 25 – 40 стр.

## **4. Защита курсовой работы.**

На защите курсовой работы необходимо показать знание основных черт геологического строения описываемой площади и полезных ископаемых. Наличие структурных этажей, ярусов, стратиграфических комплексов, магматических комплексов, складчатых, блоковых и разрывных структур, генетических типов месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых. Знать состав и условия образования основных разновидностей пород, распространенных на площади, и отраженных в легенде и стратиграфической колонке.

На защите можно пользоваться текстом работы, геологической картой и приложениями.

## **5. Оценка курсовой работы.**

Общая оценка складывается из оценки качества и полноты текста и геологической карты и оценки защиты работы.

## **6. Примерные темы курсовых работ:**

Название курсовой работы
Геологическое строение листа О-41-111 (Белоярский)
Геологическое строение листа О-41-99 (Мальшева)
Геологическое строение листа N-41-45 (Куртамыш)
Геологическое строение листа О-41-112 (Богданович)
Геологическое строение листа О-40-131 (Нижние Серги)
Геологическое строение листа О-40-120 (Первоуральск)
Геологическое строение листа О-40-108 (Починок)

Геологическое строение листа О-40-107(Новоуральск)
Геологическое строение листа О-40-119(Бисерть)
Геологическое строение листа О-40-144(Верхний Уфалей)
Геологическое строение листа О-41-143(Шемаха)
Геологическое строение листа О-40-100(Артемовский)
Геологическое строение листа N-41-34(Красный Уралец)
Геологическое строение листа О-40-132(Верхние Серги)

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу  
—  С.А. Ущеров

**УТВЕРЖДАЮ**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.О.27 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ  
ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ**

Специальность:

*21.05.02 Прикладная геология*

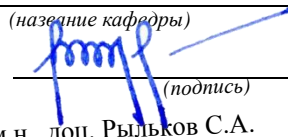
Специализация № 1:

*Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых*

форма обучения: очная, заочная

Автор: Устьянцева Н.В.

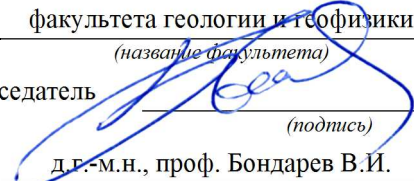
Одобрена на заседании кафедры  
*Литологии и геологии горючих ископаемых*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(название кафедры)  
  
(подпись)  
к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.  
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2021

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

факультета геологии и геофизики  
(название факультета)  
Председатель \_\_\_\_\_  
  
(подпись)  
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.  
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург  
2021

## Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 Прикладная геология по дисциплине «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» предусматривается написание контрольной работы на тему «Определение систематической принадлежности фоссилий из основных групп руководящих ископаемых». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию:

**ПК-3:** Способность проводить геологические наблюдения и осуществлять их документацию на объекте изучения.

*Результаты обучения, достижение которых свидетельствует об освоении компетенции:*

*Знания:* основные группы руководящих ископаемых; общие, региональные и местные стратиграфические подразделения; принципы и методы основных стратиграфических исследований

*Умения:* проводить описание ископаемых остатков основных руководящих групп фауны; проводить геологические наблюдения на объекте изучения

*Владения:* навыками документации геологических объектов; навыками построения стратиграфических колонок и геологических разрезов; навыками определения относительного геологического возраста горных пород при помощи палеонтологического метода стратиграфических исследований.

### Порядок выполнения контрольной работы

#### ***Контрольная работа по теме «Основы палеонтологии».***

Пользуясь «Атласом беспозвоночных животных», оформленном студентом процессе самостоятельной работы, определить систематическую принадлежность палеонтологических образцов беспозвоночных животных. Опишите основные морфологические признаки. Проанализируйте условия обитания и установите геологическое значение исследуемых фоссилий.

Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти палеонтологических образцов беспозвоночных животных.

**Цель выполняемой работы:** получить специальные знания по заданной теме.

#### **Основные задачи выполняемой работы:**

- 1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
- 2) выработка навыков самостоятельной работы;
- 3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

После выбора темы необходимо внимательно изучить методические рекомендации по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

### Порядок описания ископаемых органических остатков

1. Определение формы сохранности ископаемых остатков.
2. Общие закономерности строения скелета) ископаемого организма ( внутренняя ядро, левая(правая) створка, две створки, панцирь, перистая форма; одиночная или колониальная форма; отчётливо заметны, трудно различимы или неразличимы в лупу внутренние элементы строения скелета).
3. Зарисовать ископаемое, на рисунке указать линейный масштаб. Выделить стрелками и подписать названия всех выявленных элементов строения скелета ископаемого (или следов его жизнедеятельности).
4. Определить и доказать систематическую принадлежность ископаемого, выявляя его *сходство и различие* с близкими по строению ископаемыми.
5. Определить условия обитания и образ жизни представителей определенного таксона.
6. Охарактеризовать геологическое значение таксона: стратиграфическое значение, породообразующую роль, использование при проведении палеогеографических реконструкций. Определить возраст горной породы.

Для удобства работы использовать табличную форму записи.

Фамилия \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Тип					
Класс					
Отряд					
Род					
Экология (условия обитания), образ жизни					
Морфология (характерные черты строения)					
Геологическое значение					

### Оценивание результатов контрольной работы

Оценивание результатов контрольной работы должно быть проведено до начала промежуточной аттестации и проводится по традиционной шкале: «зачтено», «не зачтено». Решение об оценке контрольной работы принимается по результатам проверки предъявленной работы и ответов студента на вопросы в случае неполного описания ископаемых органических остатков.

Критерии оценивания контрольной работы	Количество баллов
Правильность определения систематической принадлежности фоссилий	0-1
Полнота описания морфологического строения фоссилий	0-2
Логичность и аргументированность выводов по работе	0-1
Использование профессиональной терминологии	0-1

Итого	0-5
-------	-----

- 5 баллов (90-100%) - оценка «зачтено»
- 4 балла (70-89%) - оценка «зачтено»
- 3 балла (50-69%) - оценка «зачтено»
- 0-2 балла (0-49%) - оценка «не зачтено».

*Критерии оценки:*

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся:

- если у всех пяти образцов правильно определена систематическая принадлежность; дано полное описание морфологического строения; выводы по работе логичные и аргументированные, материал изложен профессиональным языком;
- если правильно определена систематическая принадлежность четырех образцов из пяти; дано полное описание морфологического строения; имеется вывод по работе или его нет, материал изложен профессиональным языком;
- если правильно определена систематическая принадлежность трех образцов из пяти; описание морфологического строения с существенными замечаниями; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии;

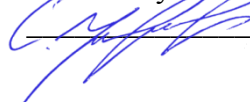
Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если правильно определена систематическая принадлежность двух образцов из пяти; описание морфологического строения неполно или неверно; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии.



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу



С.А. Упоров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Б1.О.27 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений полезных ископаемых**

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Устьянцева Н.В., Коророва Е.В.

Одобрены на заседании кафедры  
*Литологии и геологии горючих ископаемых*

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

(подпись)

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

## Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
- ✓ освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [9];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по основным группам руководящих ископаемых и основным методам стратиграфических исследований.
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

### Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [9]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основным объемом информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1,3,4,7,8]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 5, 6]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1,3,4,7,8] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

## Содержание курса

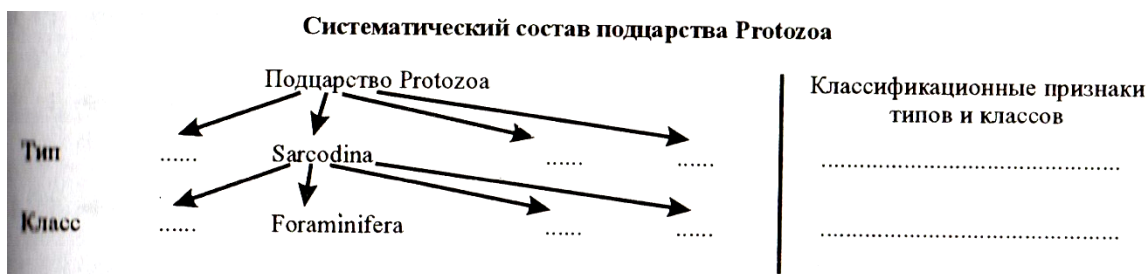
### Тема 1: Основы палеонтологии. [1,3]

Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые. Царство животных: типы Sarcodina, Spongiata, Cnidaria, Arthropoda, Mollusca, Briozoa, Brachiopoda, Echinodermata, Hemichordata, Chordata. Общая характеристика, геологическое значение. Царство растений.

*Дополнительная литература:* [2, 6].

**Контрольные вопросы и упражнения:**

1. Перечислите предмет, задачи и методы палеонтологии.
2. Каково значение палеонтологии для геологии?
3. При каких условиях организмы сохраняются в ископаемом состоянии?
4. По каким критериям проводится классификация ископаемых организмов?
5. Как проводится реконструкция образа жизни и условий существования ископаемых организмов?
6. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, цианобионты, строматолиты, онколиты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
7. Составьте схему систематического состава подцарства Protozoa, вписав названия недостающих таксонов (тип, класс) согласно схеме. Справа укажите классификационные признаки.



8. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, представителей родов Fusulina, Schwagerina, Nummulites; приведите их систематику и время жизни. Отметьте породообразующую роль фузулинид и нуммулитид.

9. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, губки и археоциаты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.

10. С чем связано наличие у рогоз пережимов стенки кораллита (rugae-морщины)?

11. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения днищевиков, четырехлучевых и шестилучевых кораллов. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы (днища, септы, столбик, пузырчатую ткань). Составить атлас (систематика, диагноз, изображение, время жизни) представителей родов Stromatopora, Amphipora, Chaetetes, Conularia, Favosites, Syringopora, Halysites, Heliolites; Caninia, Cystiphyllum, Lithostrotion? Lithostrotionella, Lonsdaleia.

12. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов *Agnostus*, *Paradoxides*, *Asaphus*, *Scutellum*, *Phillipsia*.
13. Геологическое и стратиграфическое значение двуствчатых моллюсков рудистов.
14. Что такое голостомное и сифоностомное устья у гастропод и как они связаны с образом жизни гастропод?
15. Как распределяются во времени типы перегородочных линий у аммонитов?
16. Зарисуйте в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения двустворок, гастропод, аммоноидей и колеоидей. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы [4, рис. 5-8].
17. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: **Двустворок** (*Trigonia*, *Pecten*, *Inoceramus*, *Gryphaea*, *Ostrea*, *Exogyra*, *Aucella*, *Cardium*, *Hippuritella*); **Гастропод** (*Bellerophon*, *Pleurotomaria*, *Eoumphalus*, *Patella*, *Turritella*, *Natica*); **Головоногих моллюсков** (*Nautilus*, *Endoceras*, *Orthoceras*, *Manticoceras*, *Tornoceras*, *Paragastrioceras*, *Ceratites*, *Cadoceras*, *Virgatites*, *Craspedites*, *Belemnitella*). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.
18. Участвуют ли мшанки в пороодообразовании и каким образом?
19. С какого времени мшанки известны в палеонтологической летописи.
20. Используются ли мшанки для восстановления палеоэкологической и палеогеографической обстановок древних морских бассейнов?
21. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: *Fenestella*, *Polypora*). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.
22. Указать наиболее важные в стратиграфическом отношении отряды замковых брахиопод и указать время их существования.
23. Что значит “обратное положение” седла и синуса у одного из представителей (рода) отряда *Pentamerida*?
24. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни
25. С какого времени появляются Морские лилии и в чем состоит их породобраующая роль?
26. Каковы особенности морфологии морских пузырей отряда *Rhombifera*? За что они получили свое название?
27. Из скольких табличек состоит панцирь у большинства представителей класса Морские бутоны?
28. Чем отличается строение панциря у древних палеозойских и новых мезокайнозойских ежей?
29. Что такое “правильные” и “неправильные” морские ежи? Какие две группы выделяются в составе неправильных морских ежей?
30. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.
31. В течение какого времени и в каких условиях существовали панцирные рыбы?
32. К какому подклассу относятся представители рода *Helicorion*? Время их существования?
33. Каковы основные черты строения лабиринтодонтов?
34. Охарактеризовать основные типы черепа пресмыкающихся.
35. Назвать основные подклассы пресмыкающихся и указать их типичных представителей.
36. Каковы характерные особенности анатомического строения древних птиц?

37. Основные экологические группы ископаемых представителей млекопитающих (наземные, плавающие, летающие). Указать типичных представителей, дать их краткую характеристику.

38. Укажите представители каких типов водорослей участвуют в рифообразовании и в породообразовании.

39. Каковы основные черты строения псилофитов и в какое время они заселили наземные пространства?

40. К какому типу растений относятся лепидодендроны и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

41. К какому типу растений относятся каламитовые и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

42. Каковы основные различия анатомического строения представителей классов Бессемянные, Голосеменные и Покрытосеменные растения? Каково их геологическое значение?

## **Тема 2: Основы стратиграфии. [4]**

Предмет, задачи и принципы стратиграфии. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала. Биостратиграфические и литостратиграфические методы расчленения и корреляции. Событийная стратиграфия. Секвентная стратиграфия. Геофизические методы расчленения и корреляции. Радиохронологические методы определения возраста. Документация геологических объектов.

*Дополнительная литература:* [6].

*Контрольные вопросы и упражнения:*

1. Перечислить задачи стратиграфии в логической их последовательности. Указать конечные цели стратиграфических исследований.

2. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Стенона?

3. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Гексли?

4. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Мейена?

5. Стратифицирующие литологические и палеонтологические признаки, их использование для построения стратиграфических шкал.

6. Для чего используются лимитотипы нижних границ ярусов

7. Каковы основные литологические признаки, которые используются для расчленения и корреляции разрезов?

8. Каковы основные особенности свитной стратиграфии? Как используется петрографический состав для стратификации разрезов?

9. Каковы основные условия для возникновения косой слоистости? Как она используется в целях корреляции?

10. Как используется цикличное строение толщ для их расчленения и корреляции? Методика построения ритмограмм по Н.Б. Вассоевичу.

11. Каковы маркирующие горизонты в области развития прибрежно-морских угленосных серий отложений?

12. Как используются в стратиграфии уровни несогласного залегания пород? Угловое несогласие и его применение для стратификации докембрийских образований

13. Какие вы знаете типы палеонтологических шкал (биостратиграфическая и биохронологическая), их характеристика и возможности практического применения?

14. Каковы основные требования, которые следует предъявлять к биохронологическим шкалам? Основные приемы их построения. Почему необходимо условие минимальной размерности зональных подразделений шкалы?

15. Как создается комплексная характеристика зональных подразделений шкал?

16. Какие стратиграфические шкалы зависимые и какие независимые?
17. В чем состоит операция датировки возраста стратонов в единицах Международной стратиграфической шкалы?
18. Какие задачи решаются с помощью каротажа? Какие методы каротажных наблюдений наиболее оптимально выявляют наличие нефтеносных песчаников в пробуренной толще пород?
19. Каким методом каротажа определяется глубина залегания кровли и подошвы слоев в скважине?
20. Каковы ограничения для применения метода сейсмостратиграфических исследований?
21. Каковы основные гипотезы, лежащие в основе использования магнитостратиграфического метода?
22. Как по определению координат магнитного полюса устанавливается возраст?
23. Что такое атомный номер и массовое число элемента? Типы радиоактивного распада (бета-распад, выброс позитрона, захват электрона из внутренней К-оболочки).
24. Основная формула датировки возраста пород и минералов. Что такое постоянная распада, период полураспада?
25. Радиоуглеродный метод. Каковы его возможности определения возраста?
26. Рубидий-стронциевый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?
27. Калий-аргоновый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?
28. Уран-торий-свинцовый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?
29. Датирование по свинцово-свинцовому методу. Чем определяется возможность проведения этого метода?

### **Тема 3: Методы восстановления палеогеографической обстановки. [7,8]**

Учение о фациях. Важнейшие критерии фациального анализа. Литофациальный и биофациальный анализы. Анализ общегеологических данных. Основные группы фаций. Палеогеографические карты и профили.

*Дополнительная литература:* [5].

#### ***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. В чем состоит суть биостратиграфического анализа?
2. Сущность литостратиграфического анализа.
3. Каким способом определяют относительный возраст интрузий?
4. Какие организмы являются стеногалинными?
5. Каким образом газовый режим влияет на расселение водных организмов?

### **Тема 4: Строение и главнейшие структуры земной коры. [7, 8]**

Океаническая и континентальная кора. Платформы и складчатые области континентов. Срединно-океанические хребты и талассократоны. Важнейшие геотектонические концепции. Тектоническая периодизация, понятие о тектономагматических эпохах.

*Дополнительная литература:* [5].

#### ***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Какие основные типы земной коры выделяют?
2. Назовите структурные элементы океанов.
3. Назовите структурные элементы материков.
4. В чем состоит суть геосинклинальной концепции?
5. В чем состоит суть концепции тектоники литосферных плит?

## **Тема 5: Геологическая история Земли. [7, 8]**

Стратиграфическое расчленение и ранги стратиграфических подразделений. Земля в докембрии: общая характеристика, органический мир, структуры земной коры и породообразование, полезные ископаемые. Земля в фанерозое. Основные черты палеозойского этапа: кембрия, ордовика, силура, девона, карбона и перми. Тектоно-магматические эпохи. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Основные черты мезозойского этапа: триаса, юры и мела. Отличительные черты осадконакопления. Киммерийская тектономагматическая эпоха. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Земля в кайнозое: органический мир, палеогеография, фазы альпийской складчатости, полезные ископаемые. Отличительные черты осадконакопления. Изменения климата и оледенения. Неотектонические движения. Направленность геологического развития земной коры.

*Дополнительная литература:* [5].

*Контрольные вопросы и упражнения:*

1. Какова особенность докембрийских образований методика их изучения?
2. Основные черты палеозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
3. Основные черты мезозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
4. Основные черты кайнозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.

### **Вопросы к зачету по курсу**

#### **«Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»**

1. Цели, задачи палеонтологии, значение палеонтологии для геологии. Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые.
2. Тип Простейшие. Класс Саркодовые. Подкласс Фораминиферы. Подкласс Радиоларии. Общая характеристика\*, геологическое значение.
3. Тип Губки, тип Археоциаты. Общая характеристика, геологическое значение.
4. Тип Кишечнополостные. Класс Коралловые полипы, основные подклассы. Общая характеристика, геологическое значение.
5. Тип Членистоногие. Класс Трилобиты. Общая характеристика, геологическое значение. Класс Остракоды, общая характеристика, геологическое значение.
6. Тип Моллюски. Класс Гастроподы. Класс Двустворчатые моллюски. Общая характеристика, геологическое значение.
7. Тип Моллюски. Класс Головоногие моллюски (Агониатиты, Гониатиты, Цератииты, Аммониты, Белемниты). Общая характеристика, геологическое значение.
8. Тип Брахиоподы. Характеристика классов Беззамковых и Замковых брахиопод, их геологическое значение.
9. Тип Иглокожие. Класс Морские ежи, Морские лилии, Морские пузыри, общая характеристика, геологическое значение.
10. Тип Полухордовые. Класс Граптолиты, общая характеристика, геологическое значение. Конодонты, геологическое значение.
11. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Земноводные. Общая характеристика, геологическое значение.
12. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Рыбы. Общая характеристика, геологическое значение.
13. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс пресмыкающиеся. Общая характеристика, геологическое значение.

14. Царство растения. Низшие растения. Систематика, геологическое значение.
15. Царство растения. Высшие растения. Систематика, геологическое значение. Спорово-пыльцевой анализ.
16. Предмет, задачи и принципы стратиграфии.
17. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала: общие, региональные и местные стратиграфические подразделения. Стратотип.
18. Биостратиграфические подразделения (биозона, комплексная зона, филозона, акмезона).
19. Биостратиграфический метод расчленения и корреляции. Точка ТГСГ.
20. Литостратиграфические методы расчленения и корреляции.
21. Типы слоистости, геологическое значение ее изучения.
22. Цикличность. Ритмостратиграфический метод расчленения и корреляции.
23. Перерывы в осадконакоплении. Маркирующие горизонты.
24. Событийная стратиграфия. Примеры глобальных абиотических и биотических событий.
25. Основные понятия секвентной стратиграфии (осадочная секвенция, парасеквенс, пакет парасеквенсов – проградационный, ретроградационный, аградационный).
26. Геофизические методы расчленения и корреляции: метод анализа каротажных диаграмм.
27. Магнитостратиграфический метод в стратиграфии.
28. Сейсмостратиграфический метод в стратиграфии, его достоинства и недостатки.
29. Радиохронологические методы определения возраста.

**Вопросы к экзамену по курсу  
«Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»**

1. Задачи, решаемые исторической геологией, ее значение в системе геологических знаний.
2. Методы и принципы историко-геологического анализа. Принцип актуализма.
3. Геологическое летоисчисление. Абсолютная геохронология. Методы ядерной геохронологии, их недостатки и достоинства.
4. Методы относительной геохронологии. Литологические методы.
5. Геофизические методы относительной геохронологии.
6. Ритмостратиграфический и климатостратиграфический методы относительной геохронологии.
7. Общегеологические методы относительной геохронологии.
8. Методы биостратиграфии.
9. Геохронологическая и Стратиграфическая шкалы. Шкалы общие, региональные и местные.
10. Основные структуры земной коры. Типы земной коры.
11. Структуры земной коры континентов.
12. Эволюция и строение подвижных поясов сжатия.
13. Эволюция и строение платформ.
14. Структуры земной коры океанов.
15. Сущность фациального анализа, его задачи и методы; определение «фации».
16. Литофациальный анализ.
17. Биофациальный анализ.
18. Комплекс континентальных фаций.
19. Комплекс переходных фаций.
20. Комплекс морских фаций.
21. Догеологическая и лунная стадии развития Земли.
22. Тектоно-магматические эпохи (ТМЭ) в истории земной коры.



23. Архей и протерозой Земли.
24. Ранний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
25. Каледонская ТМЭ.
26. Поздний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
27. Герцинская ТМЭ.
28. Мезозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
29. Киммерийская ТМЭ.
30. Кайнозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
31. Альпийская ТМЭ.

### Рекомендуемая литература

1. Михайлова И.А. Палеонтология [Электронный ресурс]: учебник / И.А. Михайлова, О.Б. Бондаренко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006. — 592 с. — 5-211-04887-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13102.html> Электронный ресурс
2. Словарь терминов по исторической геологии, основам стратиграфии и палеонтологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2012. — 140 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55209.html> Электронный ресурс
3. Черных В.В. Палеонтология беспозвоночных : практикум по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов направления подготовки 130101 / В. В. Черных ; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2013. - 85 с. : ил. - Библиогр.: с. 71.
4. Черных В.В. Общая стратиграфия: конспект лекций по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов специальности 21.05.02 / В. В. Черных ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2016. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 72.
5. Историческая геология с основами палеонтологии : учебник для студентов геологических специальностей вузов / Е. В. Владимирская [и др.]. - Ленинград : Недра, Ленинградское отделение, 1985. - 423 с.
6. Бондаренко О. Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных : учебное пособие / О. Б. Бондаренко, И. А. Михайлова ; ред. В. Н. Шиманский. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Недра, 1984. - 536 с. 11
7. Амон Э. О. Введение в историческую геологию : учебник / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2005. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 500-504.
8. Историческая геология с основами палеонтологии / Мария Даниловна Парфенова М. Д. - Томск : Изд-во НТЛ, 1999. - 524 с. : ил. - Библиогр.: с. 502. - ISBN 5-89503-063-7 9
9. Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология месторождений нефти и газа / Н.В. Устьянцева, Е.В. Коророва. Екатеринбург: УГГУ, 2020. 8 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу

**УТВЕРЖДАЮ**

В. Упоров



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
СТУДЕНТОВ**

**Б1.О.28 ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ**

Специальность:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация :

***Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых***

Автор: Бутин В.В., к.г.-м.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Геологии

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Огородников В. Н.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 24.09.2021

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией  
факультета

Геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Бондарев В. И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

**Методические указания по дисциплине согласованы с выпускающей  
кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ**

Заведующий кафедрой  В.А. Душин

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА.....	6
2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ.....	9
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ .....	14
Рекомендуемая литература .....	27

## Введение

Практические занятия студентов геологических специальностей по дисциплине «Структурная геология, геоморфология и четвертичная геология» включают всебя работы по стереоскопическому дешифрированию аэрофотоснимков крупного и детального масштаба. В результате этих работ составляется «Карта четвертичных образований» (приложение 1).

Подготовленные для выполнения практических работ аэрофотоснимки отображают конкретные участки рельефа различных климатических зон, характеризующихся формированием определенных генетических типов четвертичных породы имеющих различный характер соотношения эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Эндогенные рельефообразующие силы складчатого, дизъюнктивного, магматического типов реализуются в верхней части литосферы обычно в виде вертикальных положительных или отрицательных перемещений блоков земной коры, приводящих к возрастанию контрастности рельефа. Экзогенные силы имеют противоположную направленность по отношению к эндогенным движениям, стремятся компенсировать их и снизить контрастность рельефа путем проявления и сочетания денудационных и аккумулятивных процессов. В связи с этим каждый конкретный тип рельефа представляет собой результат взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, фиксируя определенную стадию экзогенной переработки эндогенного рельефа.

## 1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА

В морфологическом отношении на аэрофотоснимках представлены следующие основные типы рельефа: высокогорный, низкогорный, холмистый и равнинный.

Высокогорный рельеф развит в областях тектонической активизации, с проявлением интенсивных вертикальных движений, определивших высокую контрастность элементов рельефа и его эрозионную расчлененность. На аэрофотоснимках горного рельефа дешифрируются островершинные хребты, скалистые гребни и склоны, глубоко врезаные ущелья, и V-образные долины рек и их притоков, долинные линейные ледники. Эрозионные формы высокогорного рельефа представлены отпрепарированными участками выходов коренных пород, реликтовыми эрозионными останцами и уступами, эрозионными склонами флювиального, ледникового, криогенного типов. Аккумулятивные формы рельефа сложены делювиальными и коллювиальными площадными развалами и осыпями на склонах, гляциальными, пролювиальными и аллювиальными отложениями речных долин, ручьев, логов.

Низкогорный рельеф характеризуется менее контрастными, сглаженными формами вершин и склонов, что обусловлено активным и длительным развитием денудационных процессов и обычно развитием менее устойчивых контрастных в эрозионном отношении горных пород. Эрозионные элементы рельефа приурочены к локальным площадям развития относительно более устойчивых к выветриванию горных пород, в пределах которых сохраняются эрозионные останцы на водоразделах, склонах, в бортах речных долин. Рыхлые отложения склонов чаще всего представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями. В

формировании речных долин значительную роль играют процессы боковой эрозии. Речные формы рельефа характеризуются сочетанием эрозионных и аккумулятивных элементов рельефа, дешифрируются русловые и пойменные фации аллювия, речные террасы цокольного и аккумулятивного типов.

Холмистый рельеф представляет собой сочетание реликтовых останцовых эрозионных форм с разделяющими их денудационными депрессиями. Эрозионные останцы приурочены к выходам более устойчивых к выветриванию горных пород, образующих отпрепарированные положительные формы различной конфигурации. Коренные выходы пород приурочены к бровкам, уступам эрозионных склонов, реже к нижним частям этих склонов, к эрозионным бортам речных долин. Элювиальные образования развиты на вершинах и уплощенных водоразделах, рыхлые породы склонов представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями. У подножий этих склонов и в их основании нередко отмечается образование пролювиальных шлейфов за счет слияния конусов выноса временных потоков. Речные долины характеризуются ящикообразным поперечным профилем с плоским днищем, эрозионными бортами, преобладанием аккумулятивных флювиальных форм и широким развитием русловых, пойменных и террасовых фаций аллювиальных отложений.

Равнины на аэрофотоснимках представлены денудационными и аккумулятивными типами. Аккумулятивные формы рельефа сложены отложениями флювиального, пролювиального, гляциального, флювиогляциального и эолового генезиса. Коренные выходы пород на аккумулятивных равнинах отсутствуют. Элювиальные породы в небольшом объеме могут присутствовать на уплощенных реликтовых положительных

формах рельефа. Более широкое распространение имеют делювиальные отложения по привершинным и склоновым участкам рельефа. Речные формы рельефа представлены аллювиальными осадками русловых, старичных и пойменных фаций, аккумулятивными надпойменными террасами, расположенными в пределах широких разработанных речных долин с меандрирующими или ветвящимися руслами рек.

Проллювиальные равнины слагают относительно ровные или слабоволнистые участки предгорного рельефа, имеющего общий пологий наклон к предгорным равнинам. В строении проллювиальных равнин принимают участие мощные проллювиальные отложения временных горных потоков и слияние конусов выноса в предгорной равнине.

Гляциальные равнинные формы рельефа сложены моренными отложениями донной морены, образующей площадной покров и перекрывающей выходы более древних четвертичных отложений и дочетвертичных коренных пород. Морфологически покров характеризуется относительно ровной поверхностью с образованием небольших холмистых возвышений и впадин, развитием в отрицательных формах рельефа озер, болот. В периферических частях ледников выделяются конечные и боковые морены, образующие линейные валообразные формы рельефа, оконтуривающие ледники, на перигляциальных участках за пределами ледников формируются флювиогляциальные и зандровые аккумулятивные отложения.

Криогенный тип равнинного рельефа, помимо солифлюкционных аккумулятивных форм, в небольшом объеме представлен термокарстовыми и полигональными элементами рельефа, образование которых приурочено к участкам развития многолетнемерзлых аккумулятивных



отложений флювиального, озерно-речного, морского, гляциального и флювиогляциального происхождения.

Эоловый тип рельефа имеет ограниченное распространение и представлен песчаными аккумулятивными формами аридной климатической зоны. Положительные формы рельефа сложены барханами и продольно-грядовыми песками, разделенными дефляционными и глинисто-солончаковыми ложбинами и такырами.

## **2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

Из всей обширной группы различных по генезису четвертичных образований остановимся лишь на осадочных четвертичных отложениях, получивших распространение на имеющихся аэрофотоснимках.

**Элювиальные образования (e)** включают в себя продукты физического и химического выветривания, не перемещенные с места своего образования. В зависимости от климатических условий, длительности процессов выветривания и типа субстрата, элювий может быть представлен различными типами обломочных и глинистых кор выветривания. Элювий приурочен к выходам дочетвертичных пород на дневную поверхность и располагается на горизонтальных участках рельефа с углом наклона склона менее  $5^\circ$ . На аэрофотоснимках элювиальные отложения выделяются на уплощенных водоразделах, пологих вершинах, на горизонтальных поверхностях ступенчатого денудационного рельефа.

**Делювиальные отложения (d)** представляют собой разрушенные коренные породы, перемещенные с места своего образования по склону под действием временных безрусловых плоскостных потоков. Состав

пород обусловлен составом исходного субстрата и типом коры выветривания, размер обломков и сортировка могут быть разными. Делювиальные отложения приурочены к склонам с углом наклона до  $15^\circ$  и распространены в верхних привершинных частях положительных форм рельефа и на пологих склонах. Реже, в условиях холмистого рельефа, делювий выделяется также в нижней части и в основании склонов.

**Коллювиальные отложения** (с) представлены продуктами физического выветривания, смещенными по склону под действием гравитационных сил. Наиболее широкое распространение получили осыпи глыбово-щебенчатого материала на склонах с крутизной более  $30^\circ$ . Выделяются также крупноглыбовые и глыбовые обвальные накопления на склонах при угле более  $40^\circ$  и у подножий крутых склонов.

**Солифлюкционные отложения** (s) развиты в районах распространения многолетней мерзлоты. Образуются в результате накопления рыхлого обломочного или глинистого материала, перешедшего в мобильное пластическое состояние вследствие вытаявания подземных льдов и перемещающегося по склонам под действием гравитационных сил. Мелкоземистым материалом на пологих склонах сложены оплывные формы рельефа в виде натечных террас, ступеней высотой до нескольких метров. Грубообломочный материал образует площадные глыбовые развалы на горизонтальных участках, «каменные моря», площадные курумы, линейные скопления на склонах, «каменные реки», приуроченные к отрицательным элементам рельефа. На аэрофотоснимках солифлюкционные отложения, помимо оплывных форм, распознаются также по полосчатым «расчесанным склонам», представляющим результат плоскостноструйчатого перемещения рыхлого материала («делли»).

**Проллювиальные отложения (р)** представляют собой отложения временных потоков, в разной степени сортированных. Для временных потоков равнинных областей характерно формирование тонкосортированного слоистого овражного аллювия. Отложения временных потоков горного рельефа характеризуются плохой сортировкой и грубообломочным составом. На аэрофотоснимках выделяются три разновидности пролювия. Первую из них составляют отложения, локализованные непосредственно в руслах и тальвегах водотоков и образующие линейные аккумулятивные полосы по дну долин временных потоков. Вторая разновидность пролювия представлена рыхлыми отложениями конусов выноса временных потоков ручьев при резком выполаживании продольных профилей водотоков в местах их выхода в основную речную долину или на предгорную равнину («сухие дельты»). Третья разновидность представляет собой пролювиальную пологонаклонную равнину, образовавшуюся за счет слияния конусов выноса в предгорных участках.

**Аллювиальные отложения (а)** имеют широкое распространение и присутствуют практически на всех аэрофотоснимках. Из всей группы аллювия наиболее распространенными являются русловые, пойменные и террасовые фации аллювиальных отложений.

Русловые отложения сложены грубообломочным валунно-галечно-песчаным материалом, распределенным по дну узких врезающихся речных долин или локализованным на участках современного русла разработанных долин. Эти отложения хорошо распознаются на аэрофотоснимках по отсутствию растительности и светлomu фототону, отражающему состав обломочного аллювиального материала.

Отложения пойменных фаций приурочены к днищам речных долин, находящихся на стадии расширения долин и сочетания процессов боковой эрозии и аккумуляции. Чаще всего для поймы является характерным темный фототон черно-белых аэрофотоснимков, вследствие широкого развития растительности, сравнительно ровная поверхность, меандрирующий характер русла, наличие стариц, озер, болот. Пойменные отложения имеют более тонкий песчано-глинистый или глинисто-илистый терригенно-биогеогенный состав.

Речные террасы представлены двумя генетическими типами – аккумулятивными и эрозионно-аккумулятивными. В рельефе, в пределах речных долин, речные террасы в виде реликтовых форм отчетливо выделяются по более высокому гипсометрическому положению, ровной поверхностью террасы, они отделяются уступами от поймы и от борта речной долины. Количество надпойменных террас составляет одну-две, достигая на отдельных снимках до трех. Поверхность террас обычно ровная, характеризуется однородным фототонном, наличием бровки и тылового шва, в цоколе эрозионно-аккумулятивных террас выходят коренные дочетвертичные породы.

*Ледниковые (гляциальные) отложения (g)* представлены моренными породами, образующими аккумулятивные формы рельефа. Моренные отложения характеризуются смешанным несортированным глыбово-щебенчатым, валунным, галечным, песчаным и глинистым материалом, образовавшимся в результате накопления на месте ледника и по периферии ледника после его деградации. На аэрофотоснимках отложения донной (основной) морены занимают днища и нижние части бортов ледниковых трогов, каров, образуя покровы, шлейфы, бугристые и холмистые аккумулятивные формы рельефа.

ефа. В периферических частях ледников моренные отложения слагают линейные валообразные формы боковых и конечных морен.

**Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения(f)** образуются в результате накопления донных обломочных отложений поверхностных водных потоков внутри ледника и за его пределами на этапе деградации и таяния ледника. Выделяется три основных типа отложений, различающихся по условиям образования, – озы, камы, зандры.

*Озы* представляют собой протяженные положительные аккумулятивные формы рельефа, сложенные песчано-галечным сортированным материалом, аккумулярованным водными потоками внутри ледников покровного площадного типа. После отступления ледника эти отложения образуют «насаженные» протяженные линейные аккумулятивные формы рельефа, наложенные на осадки основной морены.

*Камовые* образования формируются в результате аккумуляции рыхлых отложений в озерах, расположенных внутри ледника. Породы характеризуются хорошей сортировкой, слоистостью и образуют холмообразные аккумулятивные формы рельефа, также наложенные на отложения донной морены.

*Зандровые* отложения образуются за пределами ледников и характеризуются площадным зональным распределением терригенного материала, вынесенного талыми водами с ледника. Наиболее удаленные от края ледника участки зандровых полей отличаются мелкообломочным песчано-глинистым составом и пониженной общей мощностью флювиогляциальных отложений.

**Эоловые отложения(v)** на имеющихся аэрофотоснимках представлены лишь одной разновидностью – барханными песками. Барханы де-

шифрируются по характерному извилистому полосчатому фоторисунку и однородному светлому фототону слагающих их песчаных отложений.

Из *техногенных образований*(t) на аэрофотоснимках выделяются рыхлые отложения, перемещенные при хозяйственном освоении территорий. Сюда относятся дамбы, дорожные насыпи, распаханное поле и огороды, застроенные участки, отличающиеся, обычно светлым однородным фототонном.

*Дочетвертичные породы*(D'Q) приурочены к реликтовым денудационным формам и эрозионным элементам рельефа. Выходы дочетвертичных пород фиксируются в крутых эрозионных бортах временных и постоянных водотоков, в цоколе речных террас, в эрозионных уступах на склонах гор. Кроме того, выходы коренных пород приурочены к водораздельным хребтам, бровкам эрозионных склонов, этими породами сложены отпрепарированные эрозионные останцовые формы рельефа. Реже, в условиях литоморфного рельефа, коренные породы слагают более значительные площадные выходы дочетвертичных отложений в современном рельефе, в отдельных случаях представленных структурно-денудационными формами на участках аридного климата или выходами кайнозойских вулканических пород.

### **3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Для практических работ по геоморфологическому дешифрированию подготовлено 30 комплектов черно-белых плановых аэрофотоснимков (АФС) масштаба 1:10000 – 1:43000. В комплекте имеются 2 или 3 снимка, составляющие стереопары или стереотройки на определенную площадь. Два смежных снимка дают возможность получения

стереоскопической модели местности на перекрывающейся части снимков. Площадь перекрытия на АФС составляет 60-80% каждого снимка.

Работы по геоморфологическому дешифрированию АФС выполняются в следующей последовательности.

1. **Определение масштаба АФС.** Масштаб снимка рассчитывается по формуле  $m = f / H$ , где  $f$ – фокусное расстояние аэрофотокамеры, мм;  $H$ –высота фотографирования, м (рис. 1). Оба параметра берутся из текста, приложенного к аэрофотоснимкам и переводятся для расчета в одни единицы (метры или миллиметры). Расчет масштаба АФС проводится с округлением, кратным 1000 (например, 1:17000, 1:23000 и др.).

2. **Определение границ участка** для составления карты. Для этого на одном из снимков стереопары определяются и наносятся на кальку границы участка, отображенного на обоих снимках и составляющего стереоскопическую модель рельефа.

3. **Определение центров аэрофотоснимков.** Центр снимка (главная точка АФС) фиксирует положение оптической оси аэрофотокамеры в момент фотографирования. Положение центра снимка определяется геометрическим путем несколькими методами.

Наиболее точно центр снимка определяется как точка пересечения линий, соединяющих марки противоположных сторон снимка или как точка пересечения диагоналей, соединяющих противоположные углы-рамки снимка (рис. 2). Менее точным методом, используемым лишь в учебных целях, является построение центра снимка как точки пересечения линий, соединяющих противоположные углы снимка.

Кроме того, на каждый снимок выносится проекция центра соседнего снимка, составляющего стереопару. Если в комплекте имеется три

снимка, то на среднем из них отображаются центры соседних с ним левого и правого снимков. Вынос центров-проекций с соседних снимков осуществляется под стереоскопом после того, как будут нанесены на каждом снимке собственные центры фотографирования.

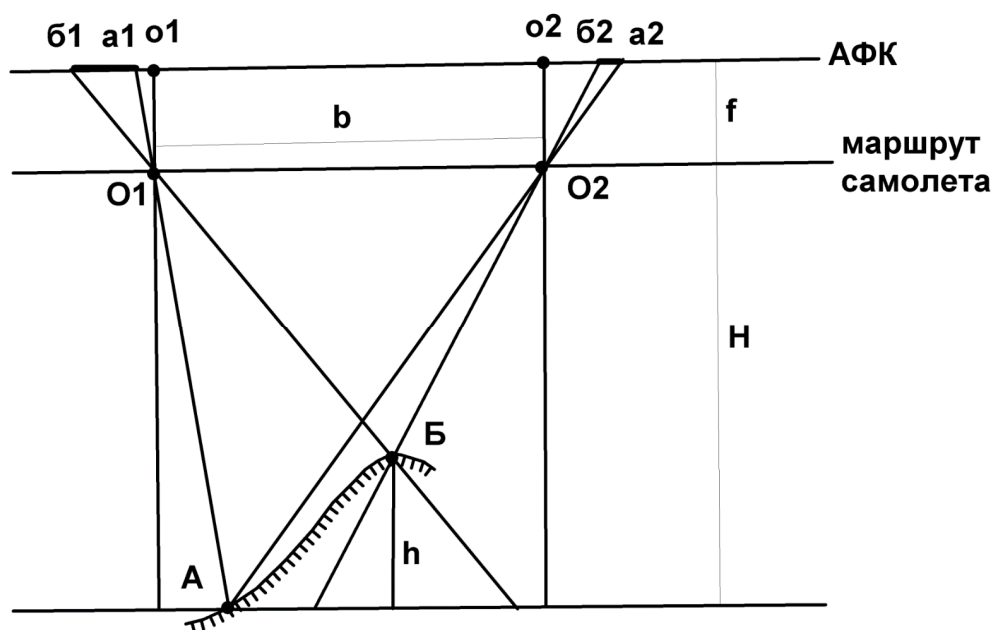


Рис.1. Основные параметры при фотографировании рельефа:

А, Б– нижняя и верхняя точки участка рельефа (склон горы);

АФК – условное положение плоскости фотографии аэрофотокамеры;

h – относительное превышение точки Б над точкой А;

O1, O2– центры фотографирования для стереопары снимков на линии маршрута

самолета; o1, o2 – проекции центров фотографирования на фотоснимках;

H– высота фотографирования; f – фокусное расстояние аэрофотокамеры;

b – базис фотографирования; a1b1, a2b2– горизонтальные проекции  
отображения склона АБ на фотоснимках



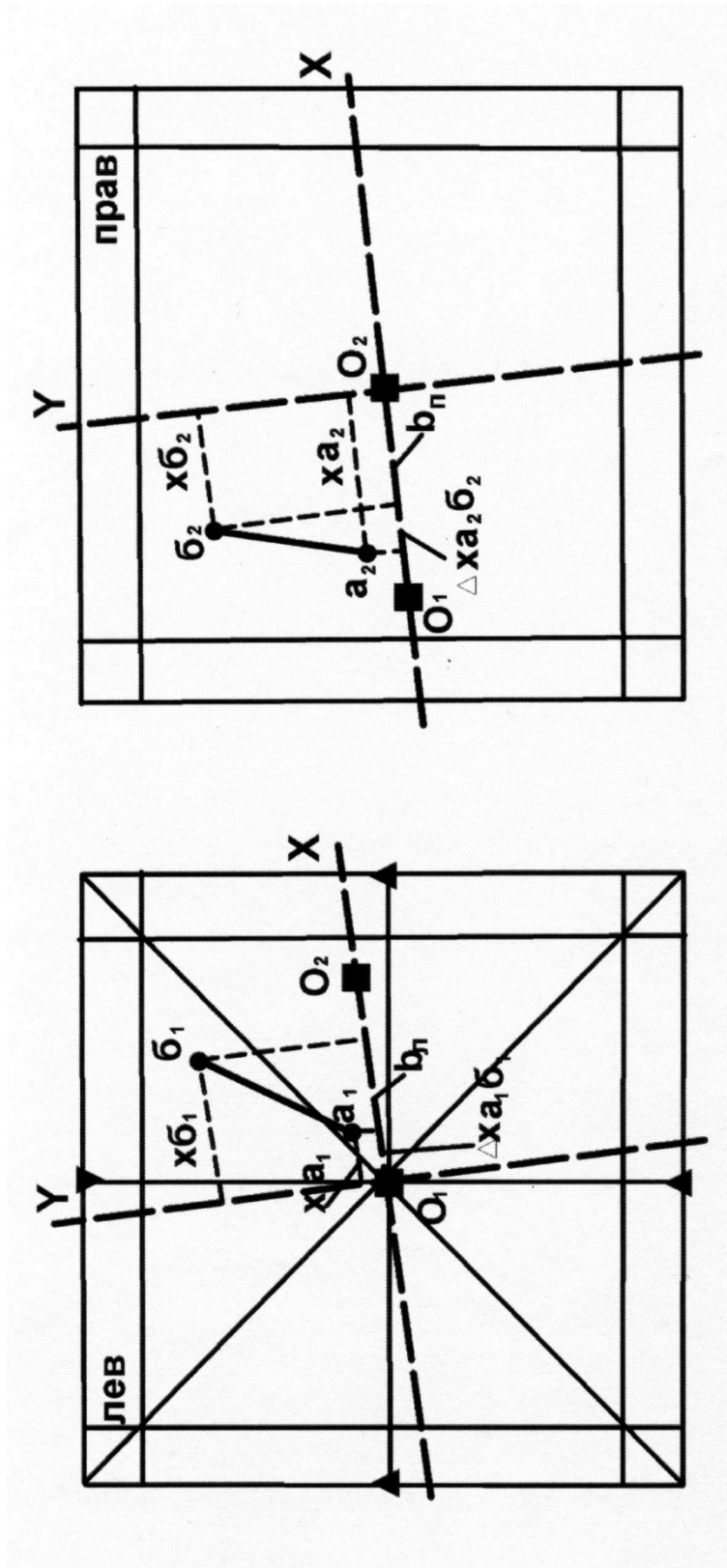


Рис. 2. Определение координат ( $x_a$ ,  $x_b$ ) и разностей координат ( $\Delta x$ ) точек  $a$  и  $b$  на левом (лев) и правом (прав) снимках стереопары:

$O_1 O_2 = b_{п}$ ,  $b_{п}$  – базы фотографирования на левом ( $b_{л}$ ) и правом ( $b_{п}$ ) снимках;

$\Delta x a_1 b_1$ ,  $\Delta x a_2 b_2$  – разности координат точек  $a$  и  $b$  в проекции на ось  $X$

**4. Определение базиса фотографирования.** Линии, соединяющие на каждом снимке центры снимков с центрами-проекциями соседних снимков стереопар, фиксируют маршрут самолета. Расстояние между этими точками ( $O_1-O_2$ , см. рис. 1, 2) составляет базис фотографирования. Необходимо вычислить средний базис фотографирования. Для этого измеряют линейкой или палеткой базисы на левом и правом снимках и определяют средний базис фотографирования (с точностью до 0,1 мм), мм:  $b_{cp} = (b_{лев} + b_{прав}) / 2$ , мм.

**5. Определение относительных превышений точек рельефа.** Для определения относительных превышений элементов рельефа, крутизны склонов, высоты уступов, уклона речных долин и др. необходимо определить разницу высотных отметок рельефа. С этой целью на снимках нанесены профили, пересекающие основные геоморфологические формы и включающие в себя 7-15 точек, располагающихся на перегибах наиболее характерных элементов рельефа. Вычисленные относительные превышения этих точек дают возможность определить конфигурацию поперечного строения форм рельефа и характера условий образования рыхлых четвертичных отложений склонов.

В основе метода измерительного дешифрирования для определения относительных превышений лежит количественная оценка разности линейных величин  $ab$  (см. рис. 1,2), представляющей собой проекцию части рельефа  $AB$  на аэрофотоснимках стереопары. Линейные размеры  $ab$  зависят от параметров АФС (высота фотографирования –  $H$ , базис фотографирования –  $b$ , фокусное расстояние аэрофотокамеры –  $f$ ) и от относительного превышения точек между собой ( $\Delta h_{AB}$ ).

Параметры АФС постоянны для любых участков стереопары и даны в объяснительной записке к снимкам ( $H$ ,  $f$ ) или уже определены ( $b_{cp}$ ). В связи с этим, исходя из пропорциональной зависимости величин  $\Delta h$ , работа сводится к измерению на обоих снимках для любой пары точек величин  $ab$ ; определения их разности и расчета  $\Delta h$  для этих точек. С этой целью на левом и правом снимках стереопары необходимо определить положение точки на снимке и разность координат точек в системе координат  $XU$ , лежащих в плоскости снимка. За ось  $X$  принимается направление  $O_1-O_2$ , ось  $U$  располагается перпендикулярно оси  $X$  и проходит через центральную точку снимка. Расчет относительных превышений точек рельефа выполняем по упрощенной схеме без учета поправок на колебание высоты полета, наклон снимков, приращение координат по оси  $U$  и др. В связи с этим изменение положения точек на снимках и определение разности их координат проводим только относительно оси  $X$ . Разность координат какой-либо точки по оси абсцисс называется продольным параллаксом этой точки (продольные по отношению к маршруту самолета, по оси  $X$ ).

**Определение продольных параллакс**ов точек на АФС можно выполнять несколькими методами (параллаксометрами, параллактическими линейками, палетками). Простейшим методом является определение с помощью палетки геолога-дешифровщика (Михайлов, Рамм, 1975), которая дает возможность расчета величины  $\Delta x$  для любой пары точек на каждом снимке.

**Палетка геолога-дешифровщика**(рис. 3) представляет собой поперечный масштаб, позволяющий измерять линейные величины с точностью до 0,1 мм. Для удобства работы шкала палетки нанесена на прозрачную пленку, и при измерениях ее можно накладывать непосред-

венно на снимок. Разность координат точек  $\Delta x$  палеткой определяется без стереоскопа на каждом снимке отдельно, сначала на левом, а затем на правом. Для этого палетку помещают на снимок таким образом, чтобы левая точка располагалась на левой рамке шкалы палетки (точка а, см. рис. 3).

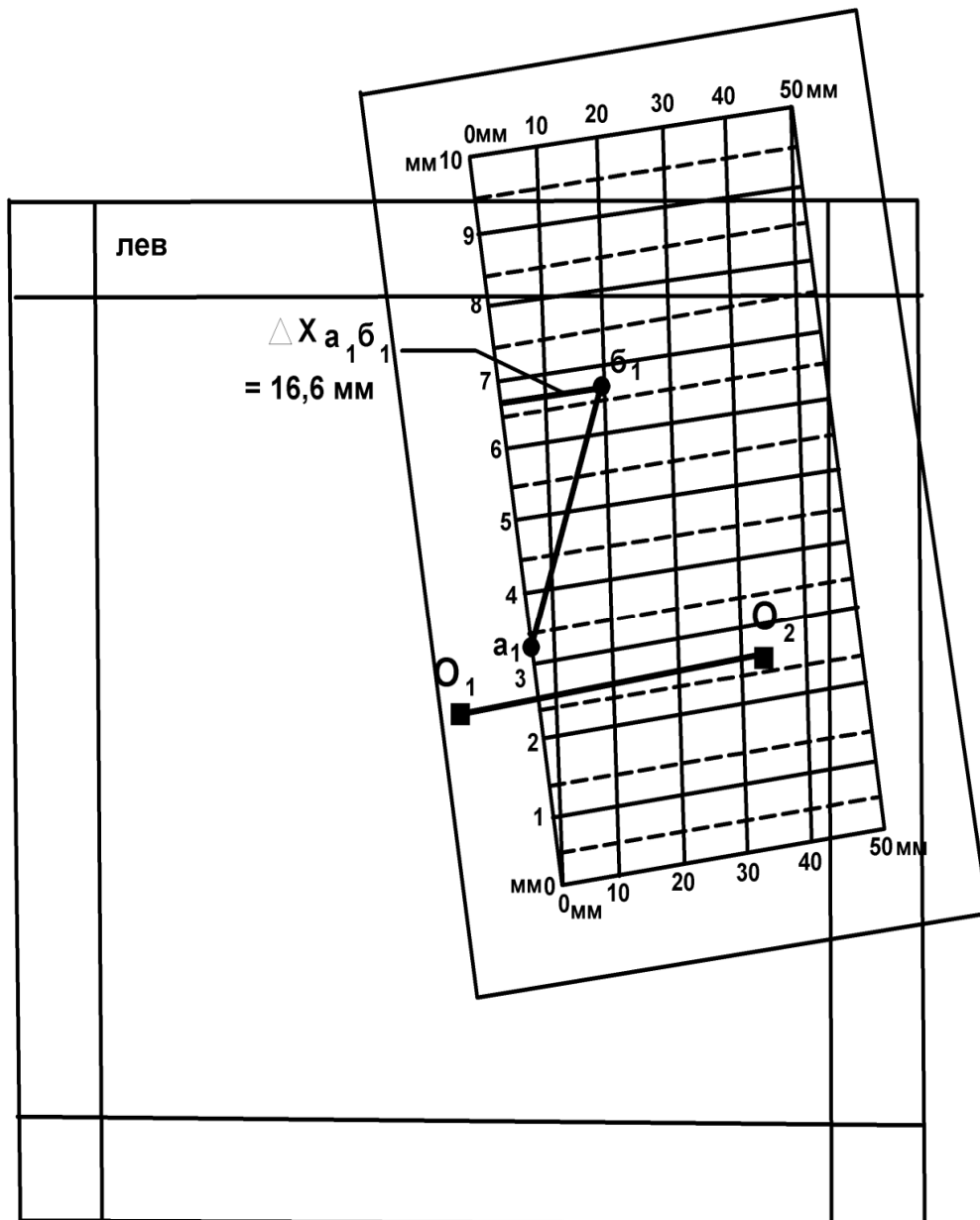


Рис. 3. Определение разности координат точек а и б с помощью палетки геолога-дешифровщика ( $\Delta x_{a_1 b_1} = 16,6 \text{ мм}$ )

Перемещая палетку по снимку, добиваются такого положения, чтобы точка б разместилась на одной из наклонных линий шкалы. Обязательным условием при этом должно быть ориентированное расположение палетки перпендикулярно линии  $O_1-O_2$  (рис. 3). При определении  $\Delta x_{a1b1}$  измеряется расстояние от точки б до левой части шкалы палетки. Непосредственный отсчет  $\Delta x$  определяется следующим образом. Десятки миллиметров надо брать по отметке наклонной линии (на которой расположена точка  $b_1$ ) на нижней части шкалы (10 мм), целые миллиметры считываются по левой шкале палетки (6 мм), доли миллиметра рассчитываются интерполяцией положения точки (0,6 мм). Величина  $\Delta x_{a1b1} = 10 + 6 + 0,6 = 16,6$  мм. Аналогично выполняется измерение  $\Delta x_{a2b2}$  на правом снимке.

После определения разностей координат пары точек на обоих снимках рассчитывается разность продольных параллаксов ( $\Delta p$ ) этих точек, мм:  $\Delta p_{ab} = \Delta x_{a1b1} - \Delta x_{a2b2}$ .

Расчет относительных превышений двух точек выполняется по формуле  $\Delta h_{ab} = (H \Delta p_{ab}) / b_{cp}$ , где  $\Delta h_{ab}$  – относительное превышение точек а и б, м;  $H$  – высота фотографирования, м;  $\Delta p_{ab}$  – разность продольных параллаксов, мм;  $b_{cp}$  – средний базис фотографирования, мм.

При определении относительных превышений точек рельефа по геоморфологическому профилю, нанесенному на АФС, работы выполняются последовательно на левом и правом снимках для каждой пары точек (1-2, 2-3, 3-4 и т.д., рис. 4), все результаты замеров заносятся в таблицу. При этом, кроме расчета непосредственных значений относительных превышений точек, необходимо определить знак превышений, т.е. повышение или понижение рельефа от одной точки до другой. Для определения знака превышений приняты следующие условия. В таблицу

каждая пара точек заносится в порядке возрастания их номеров по профилю. Если при измерении  $\Delta x$  точка с меньшим порядковым номером располагается на снимке левее точки с большим номером (см. рис. 4, таблицу, пары 1-2, 2-3), то величина принимается с положительным знаком. В других случаях, когда точка с более высоким порядковым номером находится левее, ее располагают на левой рамке палетки, а величина  $\Delta x$  принимается с отрицательным знаком (см. рис.4, таблицу,  $\Delta x$  3-4,  $-\Delta x$  4-5).

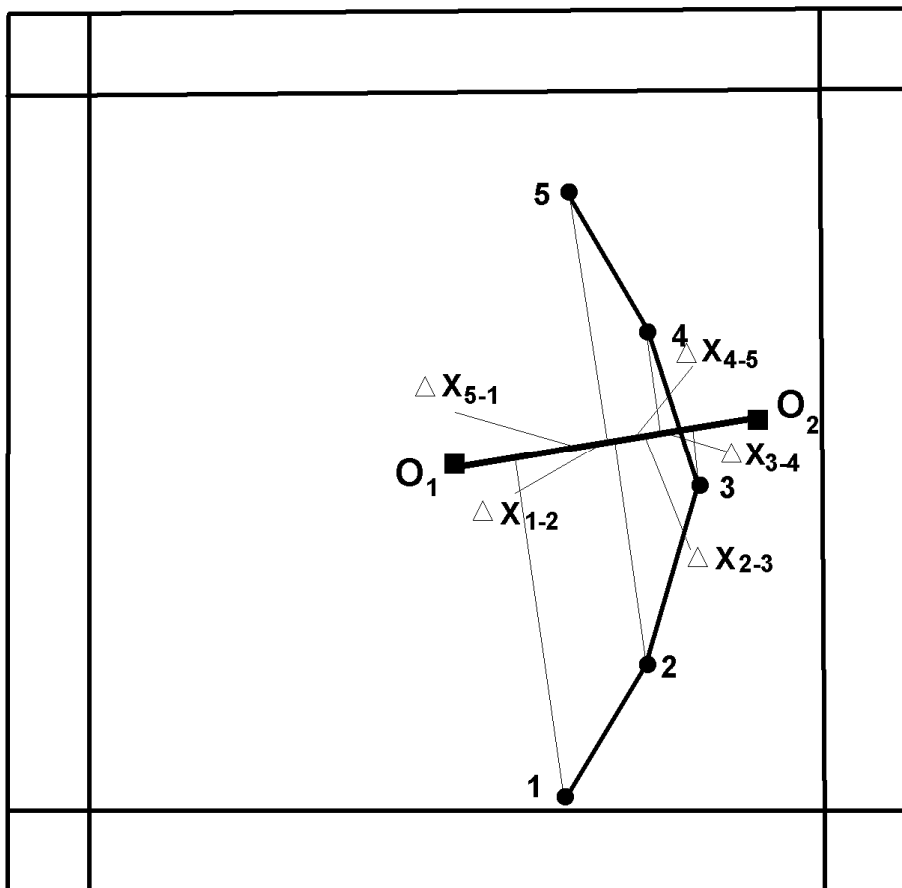


Рис. 4. Определение разностей координат ( $\Delta x$ ) пар точек рельефа в проекции на ось X по профилю 1-5 (см. таблицу)

**Расчет относительных превышений точек рельефа, м, по профилю 1-5  
на аэрофотоснимках по разности координат точек в проекции на ось X**

Точки профиля	$\Delta X_{\text{лев}}, \text{ мм}$	$\Delta X_{\text{прав}}, \text{ мм}$	$\Delta p, \text{ мм}$	$\Delta h, \text{ м}$
1-2	8,9	9,2	-0,3	-60
2-3	6,1	5,4	0,7	140
3-4	-2,3	-3,4	1,1	220
4-5	-4,6	-3,2	-1,4	-280
5-1	-8,2	-7,9	-0,3	-60
$\Sigma$	-0,1	0,1		

При расчете разностей продольных параллаксов ( $\Delta p$ ) пар точек по профилю определяется алгебраическая разность величин  $\Delta x$  с учетом их знака:  $\Delta p = \Delta x_{\text{лев}} - \Delta x_{\text{прав}}$ , где  $\Delta x_{\text{лев}}$  и  $\Delta x_{\text{прав}}$  – разности координат точек на левом и правом снимках с их знаком. Положительные значения  $\Delta p$  указывают на то, что в измеренной паре точек точка с большим порядковым номером имеет положительное превышение по отношению к точке с меньшим номером, т. е. точка с большим номером располагается гипсометрически выше. Отрицательные значения  $\Delta p$  свидетельствуют о более низком положении в рельефе точки с большим порядковым номером. При  $\Delta p = 0$ , независимо от абсолютных значений  $\Delta x$  пар точек, эти точки не имеют между собой превышений, т. е. они располагаются на одной высоте.

Вычисленные относительные превышения ( $\Delta h$ ) пар точек рельефа по профилю также имеют положительные и отрицательные значения и отражают высотное положение точки с более высоким порядковым номером по отношению к точке с меньшим номером. Полученные значения  $\Delta h$  заносятся в таблицу с округлением до целых значений метров.

Кроме рассчитанных относительных превышений пар точек рельефа в таблице должны быть определены абсолютные гипсометрические высоты этих точек. Для этого преподавателем для каждого комплекта аэрофотоснимков должна быть определена и выдана студенту гипсометрическая отметка какой-либо базисной точки профиля. Конкретное расположение и абсолютная высота базисной точки различны для каждого комплекта АФС. Наиболее благоприятным является определение высоты начальной точки профиля (например, отметка точки 1 = 680 м, см. приложение 1), по отношению к которой должны быть определены отметки других точек профиля по величинам  $\Delta h$  между точками замера.

**6. Построение линии профиля.** На основе вычисленных относительных превышений точек рельефа отстраивается линия рельефа по профилю (см. приложение 1). Вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным и соответствует масштабу карты. По результатам стереоскопического изучения площади отрисовывается поверхность рельефа по профилю с учетом конфигурации его элементов: плоские, выпуклые, вогнутые, неравномерные или ступенчатые вершины, склоны и впадины рельефа. Анализ характера водоразделов, вершин, впадин, типа и крутизны склонов дает возможность предполагать и обосновать выделение генетических типов рыхлых отложений четвертичного возраста с учетом особенностей форм и элементов рельефа и климатических условий района.

**7. Составление геоморфологического разреза** по линии профиля (см. приложение 1). Горизонтальный масштаб соответствует масштабу АФС и карты. Вертикальный масштаб с округлением до стандартных значений (1:20000, 1:10000, 1:5000 и др.) выбирается с таким расчетом, чтобы относительные превышения между минимальной и максимальной точками по профилю в этом масштабе составляли 3-5 см. На некоторых,



наиболее контрастных по рельефу АФСвертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным.

Мощность рыхлых отложений по разрезупринимается условной, равной 1-2 мм для склоновых образований и до 6-7 мм– в участках максимального развития аккумулятивных форм (аккумулятивные речные долины, предгорные пролювиальные равнины, эоловые отложения и др.). На разрезе должны быть отражены возрастные взаимоотношения четвертичных пород ( $Q_{IV}$ ,  $Q_{III}$ ,  $Q_{II}$ ) и показаны контакты фациальных переходов одновозрастных рыхлых образований.

В пределах изученного участка аэрофотоснимка выделяются и прослеживаются основные элементы рельефа, отмеченные в тексте к снимкам: речные долины, русла рек и ручьев, озера, болота, границы русловых, пойменных и террасовых форм, конусы выноса, водоразделы, гребни, кары, бровки уступов, эрозионные останцы, оси барханных цепей и др. (см. приложение 1).

Выделяются и оконтуриваются поля развития основных генетических типов рыхлых отложений согласно их типизации и приуроченности к определенным типам и формам рельефа и с учетом количественных показателей рельефа (относительные превышения, высота уступов, крутизна и конфигурация склонов и др.). Выделяются участки выхода на поверхность коренныхдочетвертичных пород, приуроченных к определенным формам и элементам рельефа.

**8. Оформление практической работы.** Карта четвертичных образований выполняется на кальке тушью и включает собственно геологическую карту, легенду с условными обозначениями пород и элементов рельефа (приложение 3), геоморфологический разрез, таблицу с результатами измерительного дешифрирования. Размещение этой информации и оформление карты показано в приложении 1.

Геологическая карта ориентирована длинной стороной в меридиональном направлении. Выделенные на карте генетические типы четвертичных пород раскрашиваются в соответствии с легендой (приложение 2). В условных обозначениях легенды четвертичные образования обозначены индексами и размещены сверху вниз в порядке возрастания их возраста ( $Q_{IV}$ ,  $Q_{III}$ ,  $Q_{II}$ ). Дочетвертичные породы независимо от возраста и состава пород обозначаются одним обобщенным знаком и цветом ( $D'Q$ ). Кроме того, в легенде показаны элементы рельефа (уступы, конусы выноса, хребты и др.).

Ниже карты четвертичных образований располагаются два профиля земной поверхности.

Один профиль отстраивается с сохранением идентичности горизонтального и вертикального масштабов, равным масштабу карты. Он дает возможность установления реального характера земной поверхности с определением крутизны склонов, типов горных вершин, речных долин и интерпретации распределения выявленных геоморфологических элементов по всей площади карты.

Геоморфологический разрез строится по этой же линии профиля с увеличением вертикального масштаба, что дает возможность отображения условий залегания и характера взаимоотношений маломощных и разновозрастных покровных четвертичных образований. На профиле и разрезе должны быть показаны пункты замера превышений рельефа.

Слева от карты помещается таблица с результатами измерительного дешифрирования по определению относительных превышений точек профиля и их абсолютных отметок.

В правом верхнем углу кальки указывается фамилия и группа студента – автора лабораторной работы, номер и параметры аэрофотоснимка.

## **Рекомендуемая литература**

### **Основная литература**

Макарова Н.В., Суханова Т.В. Геоморфология: учебное пособие. М.: КДУ, 2007.

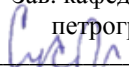
Костенко Н. П. Геоморфология: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1999.

### **Дополнительная литература**

Бекшенев О.Г., Бутин В.В., Севальнева Н.М. Геоморфология основами четвертичной геологии: словарь-справочник. Ханты-Мансийск: ПЦ «Лайн-Арт», 2006. 178 с.

Панов Д.Г. Общая геоморфология: учебник. М.: Высшая школа, 1966. 427с.

Минобрнауки РФ  
Уральский государственный горный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой минералогии,  
петрографии и геохимии  
 С.Г. Суставов

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.29 КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

Специальность 21.05.02 «Прикладная геология»

Специализация №1  
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых

Автор: Суставов С.Г., доцент, канд. г.-м. наук

Одобрены на заседании кафедры  
Минералогии, петрографии и геохимии

Протокол № 1 от 28.09.2021г.

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
ВВЕДЕНИЕМ .....	5
ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ .....	6
Морфология кристаллов .....	7
Строение агрегатов .....	10
Блеск .....	11
Цвет, черта .....	12
Твердость .....	15
Спайность и отдельность .....	17
Упругость, пластичность, хрупкость .....	18
Плотность .....	19
Магнитные свойства .....	19
ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ .....	20
КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ .....	22
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ .....	23
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ .....	23
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	24
ТАБЛИЦЫ МИНЕРАЛОВ .....	26
УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ .....	168

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Знакомство с минералами начинается с восприятия тех или иных внешних признаков, определение которых возможно без каких-либо приборов, с помощью наиболее простых приспособлений. Диагностика по внешним признакам является наиболее простым и универсальным методом при определении минералов. Вместе с тем от диагноста требуется "острая" наблюдательность и хорошая память. В практической минералогии, как правило, невозможно определение минерала по словесному описанию. Практическая минералогия – "чувственная" наука и в ней справедливо правило: лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать, и лучше один раз в руках подержать, чем сто раз увидеть. Рассматривая минерал в витрине музея можно получить информацию только о его цвете и форме выделения. Держа образец в руках дополнительно можно достаточно надежно определить его блеск, плотность, сопутствующие минералы. Внимательный осмотр образцов опытным специалистом дает большую информацию, которая не только позволяет определить минерал, но, в некоторых случаях, указать месторождение. В свое время курс практической минералогии был разработан основателем кафедры – К.К.Матвеевым сразу после революции. Для проведения лабораторных занятий необходим определитель минералов. Первоначально для этой цели использовалось руководство А.Вейсбаха и К.Фукса. В дальнейшем был издан определитель Ф.И.Рукавишника в 1938 году. Позднее этот определитель обновлялся и расширялся в 1956 году В.Н.Свяжиным, а в 1970 году Г.Н.Вертушковым и В.Н.Авдониным.

Минералогия, как и другие науки, не стоит на месте - растет поток информации о минералах. Это привело к физическому и моральному старению определителя 1970 года. Все это послужило причиной к переработке, расширению и некоторому изменению таблиц и принципа расположения минералов в структуре определителя. При написании определителя основной упор делался на те свойства минералов, определение которых может производить любой студент, знакомый с основами геометрической кристаллографии и конституцией минералов. Первое издание таблиц было осуществлено автором в 1995 году, в настоящее время пришла пора несколько изменить

и дополнить существующие таблицы описанием внешних признаков минералов.

Вместе с этим таблицы выполнены в таком виде, что могут быть использованы для диагностики минералов в полевых условиях и в курсах по практической минералогии, в геммологии и других науках.

## ВВЕДЕНИЕ

Таблицы для определения минералов по внешним признакам составлены в соответствии с программой курса "Кристаллография и минералогия" для специальности 21.05.02 – "Прикладная геология". Минеральные виды, представленные в таблицах, приведены в соответствии со сводкой по систематике (Флейшер М.. 1990), лишь некоторые изоморфные ряды описаны как единый минерал при отсутствии данных по крайним членам ряда.

При пользовании определителем необходимо различать понятия: минерал и минеральный вид, которые нередко в некоторой литературе отождествляют. Минерал, как объект исследования науки минералогии, известен с глубокой древности. Первоначально к минералам наряду с кристаллами причислялись "земли", горные породы, торф, каменный уголь. В настоящий период под минералом понимается продукт природной физико-химической реакции, имеющий индивидуализированный химический состав, изменяющийся в определенных границах и обладающий или обладавший кристаллической структурой, которая разрушена под влиянием радиоактивного облучения. По мере детального изучения отдельных минералов было установлено, что они, в свою очередь, состоят из двух или нескольких веществ, имеющих строго индивидуализированный состав, но обладающих однотипной структурой. Эти исследования позволили выделить новое понятие – минеральный вид являющийся фундаментальной единицей современных минералогических классификаций. Таким образом, минеральный вид является частью, более общего, понятия минерал. Например: минерал гранат состоит из отдельных видов: гроссуляр, андрадит, уваровит, пироп, спессартин, альмандин; минерал оливин содержит в своем составе виды: форстерита и фаялита и т.д. В настоящее время для сложных многокомпонентных твердых растворов, которыми являются некоторые минералы, понятие минерал отождествляется с названием группы в классификации.

## ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ

Каждый минеральный вид имеет определенный химический состав и структуру, которые находятся в тесной взаимосвязи и определяют его конституцию. Конституция определяет свойства, присущие минералу, и его морфологию. Свойства, определяемые визуально или с использованием простых испытаний, называются внешними признаками. Искусство диагностики минералов определяется овладением этими признаками. В отдельных случаях внешние признаки настолько специфичны, что позволяют однозначно определить минерал. В других случаях они позволяют выделить группу минералов, в которой определение конкретного вида требует тщательного анализа.

К внешним признакам относятся морфология кристаллов, строение агрегатов, блеск, цвет, черта, твердость, спайность, отдельность, упругость, пластичность, хрупкость, плотность, магнитные свойства

### Морфология кристаллов

Форма кристалла определяется его структурой и влиянием окружающей среды. Появление тех или иных простых форм на кристалле определяется законом Бравэ, согласно которому при образовании кристаллов развитие и частота появления основных форм зависят от густоты расположения атомов, ионов на их гранях. В соответствии с принципом Кюри, внешняя симметрия кристалла будет сохранять только те элементы симметрии, которые совпадают с подобными элементами симметрии среды. Степень развития кристалла в разных направлениях определяет его облик. Выделяются следующие типы облика (рис. 1):

1) изометричный (а) – кристалл примерно одинаково развит по трем взаимно перпендикулярным направлениям; 2) увеличение в одном направлении последовательно приводит к короткопризматическому (б), длиннопризматическому (в), игольчатому, волокнистому облику; 3) сжатие в одном направлении определяет таблитчатый (г), пластинчатый (д), чешуйчатый, листоватый облик.

Неравномерное развитие кристалла в разных направлениях определяет бочонковидный, клиновидный, скипетровидный, сноповидный и другие облики.

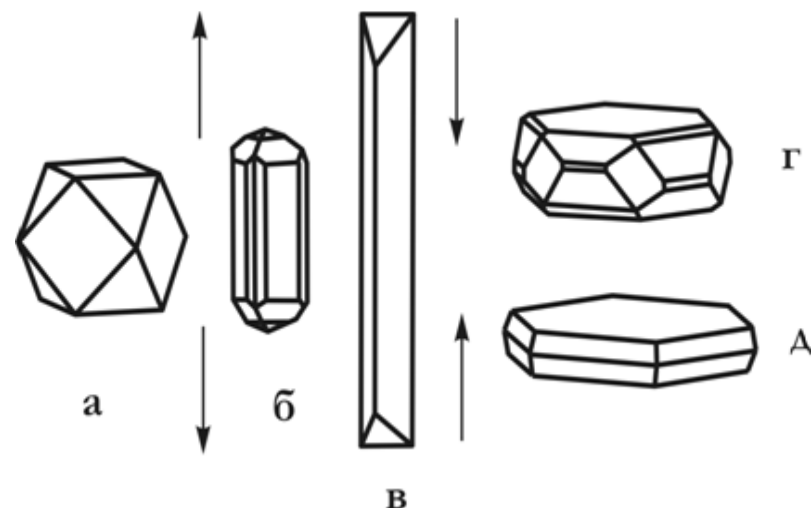


Рис. 1. Типы облика кристаллов.

а-изометричный, б-короткопризматический, в-длиннопризматический, г-таблитчатый, д-пластинчатый

Габитус кристалла определяется преобладающими гранями простых форм, представленных в огранении. Например, у пирита облик изометричный, а габитус кубический, пента-гондодекаэдрический или октаэдрический.

Грани кристаллов нередко покрыты мелкими бороздами или штрихами. Для ряда минералов присутствие штриховки является важным диагностическим признаком. В одних случаях она наблюдается в виде параллельных штрихов, в других штрихи пересекаются под определенными углами. Так, на гранях призмы кристаллов кварца наблюдается поперечная штриховка, а на гранях призмы топаза и берилла – вертикальная.

По своему происхождению штриховка может быть комбинационной, обусловленная узкими вичинальными гранями двух простых форм (берилл, турмалин и др.), двойниковой, являющейся результатом полисинтетического двойникования минералов (сфалерит, корунд, плагиоклазы и др.) индукционной, появляющейся в месте соприкосновения двух одновременно растущих индивидов.

Кристаллы редко бывают одиночными, обычно они образуют сростки. Различают закономерные и случайные сростки, среди первых

выделяются параллельные, двойниковые и эпитаксические сростки. Параллельными сростками называются такие сростания кристаллов минералов, в которых все грани первого кристалла параллельны соответствующим граням второго.

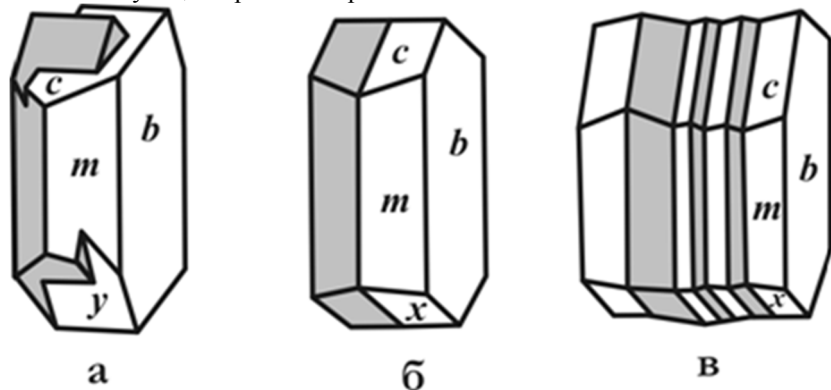


Рис.2. Виды двойниковых сростаний.  
а-двойник прорастания, б-двойник сростания,  
в-полисинтетический двойник

Двойниками называются закономерные сростания двух кристаллов одного и того же минерала, в которых один индивид может быть выведен из другого отражением в плоскости или поворотом на  $180^\circ$  вокруг оси. В зависимости от количества сросшихся в двойниковом положении индивидов различают тройники, четверники, пятерническийки и т. д. В зависимости от расположения элементов простые двойники подразделяются на *двойники прорастания* (рис.2а) и *двойники сростания* (рис. 2б). Наряду с простыми двойниками широко распространены *полисинтетические двойники*. В них каждые два соседних индивида находятся в двойниковом положении (рис.2в).

Эпитаксическими сростками называются сростания двух различных минералов, в которых хотя бы некоторые кристаллографические элементы оказываются параллельными. Это объясняется сходством кристаллических структур и параметров решеток у минералов в эпитаксическом сростке

### Строение агрегатов

Незакономерное сростание множества индивидов одного или разных минералов называется агрегатом. Форма минеральных агрегатов

в значительной степени зависит от формы отдельных кристаллов и механизма их образования. В случае изометричных зерен агрегаты по величине их подразделяются на тонкозернистые (зерна на глаз неразличимы), мелкозернистые (зерна менее 1мм, но различимы на глаз), среднезернистые (1-5 мм), крупнозернистые (5-20 мм), гигантозернистые (зерна крупнее 20 мм).

В том случае, если индивиды имеют вытянутую в разной степени форму, то они образуют *шестоватые*, *игольчатые*, *волокнистые* агрегаты. Если кристаллы обладают *уплощенной* формой, то агрегаты приобретают *пластинчатое*, *чешуйчатое*, *листоватое* строение.

По механизму образования выделяют следующие агрегаты. В открытых полостях из низкотемпературных растворов на стенках осаждаются натечные агрегаты, которые могут иметь *сталактитовое*, *гроздевидное*, *сосцевидное* или *почковидное* строение. Из коллоидных суспензий (гелей) образуются *колломорфные* агрегаты.

В том случае, если открытая полость не полностью заполняется раствором, то на стенках полости происходит образование друз или щеток кристаллов. Друзы сложены удлиненными кристаллами и имеют зону геометрического отбора. Последняя предполагает преимущественный рост тех индивидов, удлинение которых совпадает с нормалью к стенке полости. Щетки обычно представлены изометричными индивидами, в которых геометрический отбор прошел, и все кристаллы имеют одинаковую ориентировку.

Мелкие стяжения сферической или эллипсоидальной формы носят название оолитов и сферолитов. *Оолиты* обычно сцементированы друг с другом в горную породу. Они имеют концентрически-скорлуповатое строение, отдельные слои их отлагаются вокруг центра (например, песчинки или пузырька воздуха). *Сферолиты* обладают радиально-волокнистым строением и образуются в открытой полости. *Конкреции* - стяжения округлой формы, радиально-лучистого или скорлуповатого строения, рост которых происходил от центра к периферии.

При быстрой кристаллизации минерала в трещине или хорошо проницаемой породе образуются плоские или объемные ветвистые агрегаты (*дендриты*). Наряду с основными типами минеральных агрегатов, имеются разности, наименования которых отражают внешние особенности этих агрегатов, например *звездчатые*, *сетчатые*, *ячеистые*, *шлаковидные*, *землистые*

### **Блеск**

*Блеск* – это визуальная характеристика отраженного от поверхности минерала света, учитывающая и долю отраженного света, и особенности отражения. Блеск минералов по мере его усиления подразделяется на *стеклянный, алмазный, полуметаллический и металлический*. У прозрачных и хорошо просвечивающих минералов, с повышением показателя преломления, слабый стеклянный блеск постепенно сменяется более сильный алмазным. Для минералов с высоким коэффициентом поглощения и большой отражательной способностью, т.е. непрозрачных даже в тонком порошке, характерен металлический блеск. У части минералов блеск промежуточный между алмазным и металлическим; такие минералы или просвечивают хотя бы в тонком порошке, или заметно поглощают и рассеивают свет. Промежуточный по степени блеск называют *полуметаллическим*.

Переход от одной градации степени блеска к другой постепенный и достаточно условный. При мелкошероховатой поверхности у сильно поглощающих или непрозрачных минералов характер блеска тусклый (магнетит); у просвечивающих и прозрачных - *матовый* (каолин, любые землистые агрегаты). Характер поверхности нередко зависит от особенностей излома - при отсутствии спайности излом может быть мелкобугорчатым, а блеск - *жирным* (кварц, нефелин).

На вид блеска большое значение оказывают характер поверхности и строение агрегата. *Шелковистый* блеск отмечается у параллельно-волокнистых агрегатов за счет своеобразного отражения и рассеяния света волокнами. Такой блеск особенно заметен при падении света вдоль волокон (селенит, хризотил-асбест). Прозрачные минералы с совершенной спайностью отражают свет не только от внешней плоскости, но и от возникающих в глубине образца трещинок. Подобное мерцающее отражение сопровождается интерференцией света, создающей нежную радужную окраску. Этот вид блеска называют *перламутровым* (гейландит, гипс, кальцит).

### **Цвет, черта**

Цвет – это свойство вещества вызывать у человека определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом

отражаемого или пропускаемого излучения. Исходя из физической сущности, удобно разделить окраску минералов на собственную и чуждую. *Собственная окраска* обусловлена особенностями конституции минерала – его химическим составом и структурой. Наиболее распространенный вид собственной окраски минералов вызывается характером светопоглощения. При этом возникают разные варианты.

1. Если свет не взаимодействует с минералом, то минерал остается бесцветным и прозрачным, как, например, горный хрусталь. При полном поглощении видимого спектра света минерал становится черным и непрозрачным. При поглощении происходит возбуждение электронов в верхнем слое, которые мгновенно возвращаются обратно, испуская световые лучи, что проявляется в металлическом блеске. Цветовые оттенки у сильно поглощающих минералов возникают в случае энергетической неравнозначности переходов электронов, и потому часть лучей света поглощается минералом.

2. Наиболее характерно проявляется неравномерность поглощения света как причина окраски у прозрачных минералов-диэлектриков, в составе которых находятся химические элементы-хромофоры. Хромофорами являются ионы переходных металлов периодической системы Д.И. Менделеева. Наиболее важные из них V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu. В зависимости от конституции кристаллом поглощаются разные лучи. Минерал окрашивается в цвет, дополнительный к поглощенному. Окраска, вызываемая хромофорами следующая:  $V^{3+}$  – зеленый (тсаворит), голубой (танзанит);  $Cr^{3+}$  – зеленый (уваровит, изумруд), красный (рубин);  $Mn^{2+}$  – розовый (родохрозит, родонит);  $Fe^{2+}$  – зеленый (актинолит, хризолит), красный (альмандин);  $Fe^{3+}$  – желтый (хризоберилл);  $Co^{2+}$  – голубой (шпинель), розовый (эритрин);  $Ni^{2+}$  -зеленый (непуит);  $Cu^{2+}$  – зеленый (малахит), синий (азурит), голубой (бирюза).

3. В прозрачных минералах окраска может быть вызвана явлением переноса заряда. Так возникает окраска синего корунда (сапфира) с изоморфной примесью железа и титана. Появление окраски объясняется образованием пары  $Fe^{2+} + Ti^{4+}$ , которая за счет переноса заряда (электрона) внутри пары и поглощения лучей с соответствующей длиной волны образует пару  $Fe^{3+} + Ti^{3+}$  и минерал приобретает синий цвет.

4. Неравномерное светопоглощение некоторых минералов может



быть вызвано наличием в их кристаллической решетке электронно-дырочных центров окраски. В черном кварце (морионе) в позициях кремния располагаются ионы  $Al^{3+}$ . Для компенсации валентностей в кристаллическую решетку внедряются катионы щелочных металлов или  $H^+$ . Под действием радиоактивного или рентгеновского излучения происходит смещение электрона от кислорода к  $Al^{3+}$  с поглощением части света; ионы  $O^-$  становятся центрами окраски. Аналогичным образом возникает окраска у флюорита.

*Чуждая* окраска определяется вростками пигментирующих окрашенных минералов, цветными пленками разной природы и другими причинами, не связанными с особенностями конституции минерала.

Кроме этого окраска зависит от спектра светового пучка и от направления. Наиболее ярко эта особенность проявляется в минералах с незначительной примесью хрома. Например, александрит при дневном освещении зеленый, а при искусственном - красный. Зависимость от направления - это анизотропия окраски. В ромбическом кордиерите с примесью Fe цвет разный по всем трем кристаллографическим осям. Он темно-синий вдоль оси z, светло-синий вдоль оси x, желтовато-серый вдоль оси y. Это явление называется плеохроизмом и наблюдается у всех окрашенных минералов под микроскопом.

Окраска минерала определяется степенью его дисперсности: гематит в кристаллах железо-черный, а в порошке - вишнево-красный. Порошок остается после прочерчивания минералом по фарфоровой пластинке. Цвет черты, наряду с цветом минерала в массе, является важным диагностическим признаком.

Черта минерала помогает при отсутствии навыков правильно определить блеск. У минералов с металлическим блеском черта обычно черная и темнее, чем цвет минерала в массе. У минералов с полуметаллическим блеском черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливо видна на фарфоровой пластинке. Преобладают коричневые оттенки. Минералы с алмазным блеском имеют черту красной, оранжевой или желтой окраски разной яркости и тона. У бесцветных минералов с алмазным блеском черта белая, но они при этом как бы святятся внутри. У минералов со стекляннным блеском черта белая или светло-серая с неясным оттенком.

Тот участок минерала, которым мы проводили черту, у них белеет.

### ***Твердость***

Твердость - способность минерала противодействовать внешнему воздействию, будь то царапание, вдавливание или шлифование. Метод динамического определения заключается в диагностике твердости относительно эталонов шкалы Мооса, которая состоит из десяти минералов-эталонов:

- 1) тальк  $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ ;
- 2) гипс  $Ca[SO_4] \times 2H_2O$ ;
- 3) кальцит  $Ca[CO_3]$ ;
- 4) флюорит  $CaF_2$ ;
- 5) апатит  $Ca_5[PO_4]_3F$ ;
- 6) ортоклаз  $K[AlSi_3O_8]$ ;
- 7) кварц  $SiO_2$ ;
- 8) топаз  $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$ ;
- 9) корунд  $Al_2O_3$ ;
- 10) алмаз C.

Определение твердости осуществляется царапанием острым углом минерала эталона. Появление мельчайшей царапины указывает на более высокую твердость определяемого минерала. Вместо минералов-эталонов нередко используют заменители - ноготь (2), оконное стекло (5), напильник (6,5-7). Минералы с твердостью 1 легко пишут по бумаге. Оконное стекло очень удобно, так как имеет ровную поверхность и любая царапина на нем заметна.

При определении твердости следует помнить, что более мягкие минералы будут на более твердых оставлять черту, которую легко стереть в отличие от царапины. Во многих случаях такую черту принимают за царапину. Во избежание ошибки необходимо провести пальцем-царапина останется на месте, а черта сотрется.

На результаты определения относительной твердости влияет анизотропия, которая достаточно сильно проявляется в низко симметричных минералах и в самих эталонах. Например, у кианита она варьирует от 4,5 вдоль удлинения таблитчатых кристаллов до 6,5-7 в поперечном направлении.

### ***Спайность и отдельность***

Спайность - способность минералов раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием ровных блестящих поверхностей, параллельных друг другу и заметных по одновременному отблеску при отражении падающего света.

По степени совершенства выделяют следующие виды спайности:

- весьма совершенная – индивид при небольшом усилии легко расщепляется на плоскости большой площади (слюды, молибденит);
- совершенная – требует большее усилие для менее ровной поверхности (сфалерит, кальцит);
- несовершенная – ровные поверхности проявляются редко, имеют минимальную площадь и обнаруживаются с трудом (кварц, оливин).

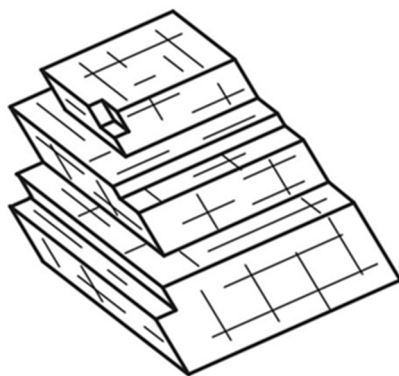


Рис. 3. Совершенная спайность в кальците

Причина возникновения спайности заключается в присутствии ослабленных направлений в структуре, которые проявляются после механического воздействия. Кристаллографическая направленность плоскостей спайности предполагает, что спайность ориентирована по какой-то простой форме. При определении спайности, кроме степени совершенства важно определять количество направлений и угол между плоскостями спайности, так как в ряде случаев является важным диагностическим признаком. Например, у амфиболов и пироксенов спайность в двух направлениях и близкая окраска, но у первых угол между плоскостями спайности 120°, а у вторых – 90°

При определении спайности важно не путать плоскости спайности с гранями кристалла. Плоскости спайности более гладкие и совершенные, чем естественные грани, которые могут иметь штриховку, следы растворения и т.д.

В некоторых минералах при раскалывании образуются ровные, кристаллографические, иногда блестящие поверхности, напоминающие спайные. Возникновение подобных плоскостей носит название *отдельности* и связано с наличием закономерных включений вдоль зон роста кристалла, в результате возникновения структур распада или полисинтетического двойникования. Отличительным признаком отдельности является конечный размер пластинок, если они вызваны двойникованием, и матовое отражение плоскостей, при наличии включений.

### **Упругость, пластичность, хрупкость**

Упругость минералов проявляется в их способности восстанавливать форму и начальный объем после снятия напряжения. Это свойство, например, позволяет различить минералы группы слюд, чешуйки которых возвращаются в первоначальное положение после изгиба, от минералов группы хлоритов внешне достаточно схожих, но не обладающих упругими свойствами.

Пластичность – это свойство минерала необратимо деформироваться под действием механической нагрузки, превышающей предел упругости. Пластические деформации приводят к механическому двойникованию, смятию или изгибу зерен с сохранением их целостности. Это характерно для антимонита, кальцита, гипса, молибденита, кианита, слюд. Некоторые минералы при этом способны к течению с изменением первоначальной формы и претерпевают грануляцию или перекристаллизацию (галенит, галит, арсенопирит). С пластичностью в прямой зависимости находится такое свойство, как ковкость минералов. У металлов это свойство проявляется в расплющивании их в тонкие пластинки. У некоторых сульфидов (халькозин, акантит, галенит), обладающих слабой ковкостью, царпина блестящая, а не пылит, в отличие от хрупких минералов, что является диагностическим признаком.

Хрупкость – это способность минералов разрушаться при небольших деформациях после превышения предела прочности. Хрупкость минералов определяет их способность к измельчению, важную характеристику при обработке руд и их обогащении.

### **Плотность**

Плотность – это мера массы в единице объема. Плотность минералов варьирует от 0,8 у некоторых органических минералов до 22,7 г/см<sup>3</sup> у осмистого иридия. Она зависит от кристаллической структуры и химического состава минерала. Высокая плотность характерна для минералов с компактной структурой, низкая – для минералов со слоистой и каркасной структурой (например, алмаз - 3,5 г/см<sup>3</sup>, графит - 2,2 г/см<sup>3</sup>). Плотность возрастает с увеличением массы атома или иона и уменьшается с увеличением их размеров. Например, плотность плагиоклазов изменяется от 2,61 г/см<sup>3</sup> (альбит) до 2,76 г/см<sup>3</sup> (анортит).

Основная масса минералов имеет плотность, которая находится в интервале от 2,5 до 5,2 г/см<sup>3</sup>, и лишь немногие имеют более высокие или низкие значения. По степени распространенности и плотности минералы условно можно разделить на легкие (плотность менее 2,5 г/см<sup>3</sup>), средние (2,5-4 г/см<sup>3</sup>) и тяжелые (более 4 г/см<sup>3</sup>). Плотность мономинерального образца приближенно можно оценить, сравнивая с образцами с известной плотностью и близкого объема.

### **Магнитные свойства**

По магнитным свойствам минералы подразделяются на магнитные, слабомагнитные и немагнитные. Магнитные минералы притягиваются постоянным магнитом. К ним относятся магнетит, моноклинный пирротин и некоторые разновидности ильменита. Некоторые разновидности магнетита ведут себя как постоянный магнит, т.е. притягивают к себе железные предметы и магнитные минералы. К слабомагнитным относятся те минералы, которые приобретают магнитные свойства под действием электрического поля. Так ведут себя, например, все минералы, содержащие железо: геденбергит, алмадин, железистый сфалерит (марматит) и т. д.

## **ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ**

В определителе все минералы по блеску разделены на четыре группы: с металлическим, полуметаллическим, алмазным и стеклянным блеском. Минералы с металлическим блеском цветные, непрозрачные, черта темнее, чем цвет минерала в массе. Минералы с полуметаллическим блеском цветные, непрозрачные, черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая.

Минералы третьей и четвертой групп прозрачны в той или иной степени. Минералы с алмазным блеском могут быть бесцветны или окрашены. Первые встречаются довольно редко и узнаются по сильному блеску, видимому невооруженным глазом. В том случае, если они обладают окраской, черта у них варьирует от бледно-желтой до красной.

Минералы со стеклянным блеском имеют в большинстве белую черту, реже она светлую окраску. Минерал в том месте, с которого получена черта, белеет.

Таким образом, при определении минерала в первую очередь.

необходимо определить: блеск, черту, цвет. Это позволяет достаточно надежно отнести минерал к тому или иному разделу.

Подразделение минералов с металлическим блеском внутри раздела производится по цвету. В подразделе цветности минералы располагаются по твердости.

Минералы с полуметаллическим и алмазным блеском разделены по цвету черты и цвету в "массе" или в образце. Расположение минералов в подразделах производится по твердости.

В минералах со стеклянным блеском первоначальное подразделение осуществляется по цвету черты. Это позволяет выделить подраздел цветных минералов, имеющих яркую окраску, близкую или аналогичную цвету минерала в "массе" (зеленую, синюю и др.). В отдельный подраздел объединены минералы темной окраски (темно-зеленая, грязно-зеленая, черная), имеющие серую черту различных оттенков. Черта слабо контрастна. В последнем, наиболее многочисленном, подразделе находятся минералы с белой чертой. Внутри минералы расположены по твердости.

Такое построение определителя дает возможность, при правильном определении блеска, цвета минерала, его твердости и черты, найти несколько сходных минералов или единственный с данными свойствами. При наличии нескольких минералов, необходимо получение дополнительных данных по морфологии, химизму и генезису определяемого минерала.

При определении необходимо помнить, что все свойства минерала находятся во взаимозависимости и отражают конституцию данного минерального вида. Это не позволяет определить минерал по одному, наугад взятому свойству

## **КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ.**

1. Минералы с металлическим блеском. Цветные непрозрачные.

Черта серая. Темно-серая или черная.

1.1. Цвет белый, серый до черного. Стр. 20

1.2. Цвет желтый, красный. Стр. 36

2. Минералы с полуметаллическим блеском. Цветные, непрозрачные.

Черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая.

2.1. Черта бурая, буровато-черная, черная.

Цвет черный, серо-черный. Стр. 44

2. 2. Черта красновато-бурая, желтовато-бурая, зеленовато-серая.

Цвет темно-красный, темно-бурый, черный. Стр.50

3. Минералы с алмазным блеском. Бесцветные или цветные, идеально прозрачные или прозрачные в той или иной степени.

3.1. Черта оранжевая, красная.

Цвет минерала оранжевый, красный до черного. Стр. 56

3.2. Черта желтая, светло-желтая, белая.

Цвет минералов желтый, коричневый до черного, иногда бесцветный. Стр. 60

4. Минералы со стеклянным блеском. Прозрачные в той или иной степени.

Черта чаще белая, реже светлоокрашенная, минерал белеет в том месте, с которого получена черта.

4.1. Черта имеет отчетливую окраску: зеленую, голубую, синюю, желтовато-бурюю. Цвет минерала аналогичен цвету черты или несколько темнее. Стр. 74

4. 2. Черта имеет зеленоватый или сероватый оттенок, выраженный неясно. Преобладающая окраска минералов зеленая, темно-зеленая, черная. Стр.82

4.3. Черта белая  
Твердость 1 – 3 Стр. 94

4.3. Черта белая  
Твердость 3 – 5 Стр. 114

4.3. Черта белая.  
Твердость 5 - 7 Стр. 130

4.3. Черта белая.  
Твердость 7- 9 Стр. 154

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

X – минералы известные на Урале;

\* – минерал широко распространен и образует крупные выделения;

# – минерал открыт на Урале.

Минералы непомеченные символами на Урале не известны. Известные на Урале минералы отмечены по работе [7].

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

в п.п.тр. — в пламени паяльной трубки;

в. сов. — весьма совершенная;

выд. — выделение;

конц. — концентрированной

м-ния — месторождения;

направл. — направление;

несов. — несовершенная;

раствор. — растворяется

сов. — совершенная;

УФ — ультрафиолетовый свет;

и т.д. — и так далее.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Булах А.Г. Минералогия с основами кристаллографии – М.: Недра, 1989. – 351 с.

Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Физические и химические свойства минералов и определитель минералов по внешним признакам – Св.:СГИ, 1970. – 172 с.

Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1975. – 520 с.

Лазаренко Е.К. Курс минералогии. – М.: Высшая школа, 1971. – 608 с.

Минералы. Справочник. /Под ред. Ф.В.Чухрова, Э.Н. Бонштедт-Куплетской. Т.I – IV— Наука, 1960-2004

Флейшер М. Словарь минеральных видов. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 206 с.

Юшкин Н.П., Иванов О.К., Попов В.А. Введение в топоминералогии Урала. М.: Наука, 1986, - 294 с.

**I. Минералы с металлическим  
Черта серая, темно**

**блеском. Цветные непрозрачные  
-серая или черная**

Таблица 1

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твер- дость	Плот- ность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минера- лы	Сопутствую- щие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1.1. Цвет белый, се- рый до черного.</b>									
* Молибденит (молибдено- вый блеск) $MoS_2$	Гексагональная, боченковидные кристаллы, чешуйчатые, листоватые агрегаты	В. сов. по {0001} в одном направл	Свинцово- серый с голубоватым оттенком. Серовато- черная при растирании зеленеет	1	4,7- 4,8	Трудно раствор. в $HNO_3$ до $MoO_3$ . Мажет руки, жирный на ощупь	Графит, тетради- мит	Шеелит, вольфра- мит, касситерит, висмутин и др	Высоко- и среднетемпера- турные гидротермальные жилы, скарны, меднопорфи- ровые м-ния
* Графит С	Гексагональная, пластинчатые кристаллы, чешуйчатые, пластинчатые агрегаты	В.сов. по {0001} в одном направл.	Свинцово- серый до оловянно- белого. Стально- черная	1	2,1- 2,2	При нагрева- нии с дымящей $HNO_3$ чешуйки вспучиваются. Мажет руки, жирный на ощупь	Молиб- денит, валле- риит	Полевой шпат, кварц, биотит, рутил и др	Магматический, пневматолито- гидротермальные жилы, скарны, метаморфические породы
X Тетрадимит $Bi_2Te_2S$	Тригональная, таблитчатый, чешуйчатый, листоватый	В. сов. по (0001) в одном направл	Свинцово- серый до оловянно- белого. Стально- черная	1,5-2	7,2- 7,3	Конц. горяч. $H_2SO_4$ Окрашивает в малиновый цвет. Листочки гибкие, но не упругие, пишет на бумаге	Молиб- денит, теллуру- висмутит	Теллуриды, золото, пирит, халькопи- рит, галенит	Кварцевые жилы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Теллурвисмутит $\text{Bi}_2\text{Te}_3$	Тригональная, пластинчатый, листоватый	Сов. по {0001} в одном направл.	Свинцово-серый . Стальночерная	1,5-2	7,8-7,9	В откр. трубке дает белый дым $\text{TeO}_2$ . Листочки гибкие, но не упругие	Тетрадимит	Теллуриды, золото, сульфиды	Золотоносные кварцевые жилы
* Ковеллин $\text{Cu}_2\text{S}$	Гексагональная, порошковатые, сажистые массы	В. сов. по {0001} в одном направл	Индигово-синий. Серая до черной	1,5-2	4,6-4,8	Раствор. в горячей $\text{HNO}_3$ с выд. S: раствор приобретает. зеленый цвет. Специфическая окраска		Халькозин, борнит, халькопирит	Зона окисления медноколчеданных м-ний
* Антимонит (сурьмяный блеск, стибнит) $\text{Sb}_2\text{S}_3$	Ромбическая, призматические кристаллы, спутанно-волоконистые и зернистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл	Свинцово-серый, слегка голубоватый. Черная, при растирании краснеет	2	4,5-4,7	Раствор. в $\text{HCl}$ с выд. $\text{H}_2\text{S}$ . На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка	Висмутин, джемсонит, буланжерит	Обычно один, реже с киноварью, флюоритом, баритом	Низкотемпературные гидротермальные м-ния
* Висмутин (висмутовый блеск) $\text{Bi}_2\text{S}_3$	Ромбическая, призматические и игольчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл	Оловянно-белый до свинцово-серого. Свинцово-серая	2-2,5	6,8	Легко раствор. в $\text{HNO}_3$ и горячей $\text{HCl}$ . На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка, перпендикулярная удлинению	Антимонит, висмутовые сульфосоли	Самородный висмут, молибденит, касситерит, вольфрамит	Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, пегматиты, скарны

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Висмут Bi	Тригональная, шестоватый, зернистый	Сов. по {0001} в одном направл., хорошая по {20 $\bar{2}$ 1} в трех направл.	Серебристо-белый с желтоватым оттенком, красная побежалость. Оловянно-белая	2-2,5	9,8	Легко раствор в HNO <sub>3</sub> , после разбавления выпадает белый осадок. По характерной красной побежалости	Тетрадимит	Касситерит, вольфрамит, молибденит, висмутин и др	Пегматиты, скарны, кварцевые жилы
*Акантит Ag <sub>2</sub> S	Моноклинная, редко кристаллы, сплошные массы или параморфозы по аргентиту	Отсутствует. Раковистый, неровный	Железо-черный. Черная, блестящая	2-2,5	7,2-7,3	Раствор. в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Характерна низкая твердость, сильная ковкость, зерна раздавливаются с трудом	Халькозин, серебро	Серебро, прустит, пираргирит, галенит, кальцит, барит	Кварцевые, кварц-кальцитовые и серебро-арсенидные жилы; зона вторичного сульфидного обогащения
* Серебро Ag	Кубическая, волосовидные, моховидные и проволочные формы, дендриты	Отсутствует. Крючковатый	Серебряно-белый, с поверхности серый или черный налет. Белая блестящая	2,5-3	10,1-11,1	Раствор. в HNO <sub>3</sub> , при добавлении HCl выпадает белый осадок. Характерен цвет, крючковатый излом, высокая ковкость	Изоферроплатина	Акантит, прустит, пираргирит, галенит, кальцит, барит	Низкотемпературные гидротермальные жилы с арсенидами, зона вторичного сульфидного обогащения
* Халькозин (медный блеск) Cu <sub>2</sub> S	Ромбическая, Призматические и пластинчатые кристаллы, сплошные плотные массы	Несов. по {110}. Раковистый	Несов. по {110}. Раковистый	2,5-3	5,5-5,8	Раствор. в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Ковок. Царапина от иглы блестящая	Акантит, джарлеит, дигенит, анилит, блеклые руды	Борнит, ковеллин, халькопирит, самородная медь	Низкотемпературные гидротермальные образования, зона вторичного сульфидного обогащения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Галенит (свинцовый блеск) PbS	Кубическая, зернистые агрегаты, реже плотные и натечные, обычные кристаллы	Сов. по {100}, в трех направл., иногда отдельность по {111}	Свинцово-серый, у тонко-зернистых агрегатов более светлый. Серовато-черная	2,0-3,0	7,4-7,6	Раствор. в HNO <sub>3</sub> с выд. S, при добавлении HCl выпадает белый осадок. Слабо ковок. Типичен цвет, спайность в трех направл. и высокая плотность	Антимонит	Сфалерит, халькопирит, кварц, кальцит, барит	Средне- и низкотемпературный гидротермальные жилы, скарны
* Джемсонит Pb <sub>4</sub> FeSb <sub>6</sub> S <sub>14</sub>	Моноклинная, игольчатые и волосовидные кристаллы, перистые и шестоватые агрегаты	Ясная по {001} в одном направл., несов. по {110} и {010}. Неровный	Свинцово-серый, иногда пестрая побежалость. Темно-серая, серовато-черная	2,0-3,0	5,5-6,0	Раствор. в горячей HCl, при охлажде-нии выпадает PbCl <sub>2</sub> . Характерна поперечная спайность	Буланжерит, менегинит	Пирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, буланжерит	Второстепенный минерал средне-температурных гидротермальных жил
*Буланжерит Pb <sub>5</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>11</sub>	Моноклинная, игольчатые, призматические кристаллы, волокнистые агрегаты	Сов. по {100} в одном направл	Свинцово-серый до железо-черного. Серовато-черная с коричневым оттенком	2,5-3,0	6,0-6,2	Раствор. в горячей HCl с выд. H <sub>2</sub> S. От джемсонита отличается отсутствием поперечной спайности	Джемсонит, менегинит	Галенит, сфалерит, арсениопирит, пирит, джемсонит	Средне- и низкотемпературные гидротермальные жилы и метасоматические залежи



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Мышьяк As	Тригональная, ромбоэдрический, зернистый, концентрически скорлуповатый	Сов. по {0001}. Неровный	Оловянно-белый, на свежем изломе быстро тускнеет до серовато-черного. Серая	3,5	5,6-5,8	Раствор. в HNO <sub>3</sub> . При нагревании сублимирует, издавая чесночный запах	Сурьма, висмут	Прустит, пираргирит, аргентит, блеклые руды, кальцит, реальгар	В кварцевых и кварц-карбонатных жилах
*Сурьма Sb	Тригональная, зернистый, натечный, почковидный	Сов. по {0001}, ясная по {20 $\bar{2}$ 1}. Неровный	Оловянно-белый с желтой побежалостью. Буровато-серая	3-3,5	6,6-6,8	Раствор. в HNO <sub>3</sub> При нагревании сублимирует, образуя белый осадок	Висмут, мышьяк	Антимонит, бертьерит, арсениопирит, висмут, минералы серебра	В кварц-сульфидных жилах
* Теннантит (мышьяковая блеклая руда) (Cu,Fe) <sub>12</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	Кубическая, Тетраэдрические кристаллы, сплошные зернистые агрегаты	Отсутствует Раковистый, неровный	Стально-серый до железо-черного. Черная с вишнево-красным оттенком	3,0-4,0	4,4-4,7	Разлагается в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость	Тетраэдрит, халькозин	Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит	Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал
* Тетраэдрит (сурьмяная блеклая руда) (Cu,Fe) <sub>12</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	Кубическая, Тетраэдрические кристаллы, сплошные зернистые агрегаты	Отсутствует Раковистый, неровный	Стально-серый до железо-черного. Черная	3-4,5	4,9-5,1	Разлагается в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость	Халькозин, теннантит	Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит	Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал
Станин Cu <sub>2</sub> FeSnS <sub>4</sub>	Тетрагональная, зернистые массы	Несов. по {110} и {001}	Стально-серый до железо-черного. Черная	3,0-4,0	4,3-4,5	Разлагается в HNO <sub>3</sub> с выд S и SnO <sub>2</sub> , раствор синий	Блеклые руды	Касситерит, халькопирит, сфалерит, пирит, арсениопирит, пирротин	В кварцевых и пегматитовых жилах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Железо Fe	Кубическая, изометричный, зернистый	Сов. по {100} в трех направл. Крючкова- тый	Стально-серый до железо- черного. Стально-серая	4,0	7,3- 7,7	Раствор. в HNO <sub>3</sub> и HCl с выд. водорода. Магнитно и ковко	Серебро, висмут	Графит, пирротин, шпинель	В основных изверженных породах
X Тетраферро- платина (ферро- платина) PtFe	Тетрагональ- ная, мелкие зерна	Нет. Неровный	Темно-серый до черного. Черная	4,0	12,0- 15,0	Разлагается в царской водке. Магнитна и относительно хрупка	Железо, хромшпи- нели	Изоферро- платина, туламенит, хромшпинели	Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях
* Изоферро- платина (поликсен) Pt <sub>3</sub> Fe	Кубическая, кубические кристаллы, мелкие зерна и самородки	Отсутству- ет. Крючкова- тый	Серебряно- белый до стально-серого. Черная	4,0- 4,5	14,0- 18,65	Разлагается в царской водке. Слабо магнитна, ковка	Осмий, рутений	Тетраферро платина, иридосмин, хромшпинели	Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях
* Саффлорит CoAs <sub>2</sub>	Ромбическая, изометричный, зернистый, шестоватый	Несов. по {110}	Оловянно-белый до свинцово- серого. Серовато-черная	4,5- 5,0	7,0- 7,3	Раствор. в HNO <sub>3</sub> , раствор розовый	Арсенопи- рит, леллин- гит, раммельс- бергит	Шмальтин, хлоантит, раммельс- бергит, лелленгит, серебро, аргентит	В железорудных скарнах и в карбонатных и кварц- карбонатных жилах
* Леллингит FeAs <sub>2</sub>	Ромбическая, призматичес- кий, зернистый	До ясной по {010} и {101} в трех направл.	Серебряно- белый до стально-серого. Серовато-черная	5,0- 6,0	7,0- 7,4	Раствор. в HNO <sub>3</sub> Распространен менее, чем арсенопирит	Арсенопи- рит, раммельсб- ергит, саффло- рит	Никелин, раммельс- бергит, мышьяк, касситерит, танталит	В ультраоснов- ных извержен- ных породах, скарнах, кварц- карбонатных и пегматитовых жилах.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Раммельсбергит NiAs <sub>2</sub>	Ромбическая, призматический, зернистый	До ясной по {110} в двух направл.	Оловянно-белый с красноватым оттенком. Серовато-черная	5,0-6,0	6,9-7,2	Раствор. в HNO <sub>3</sub> , раствор зеленый. Слабо ковок	Арсенопирит, саффлорит	Шмальтин, хлоантит, раммельсбергит, никелин, висмут, минералы серебра	В арсенидно-карбонатных и сульфидно-кварцевых жилах
* Кобальтин (кобальтовый блеск) CoAsS	Кубическая, зернистые агрегаты, иногда кристаллы	Сов. по {100} в трех направл. Неровный, раковистый	Серебряно-белый с красноватым оттенком. Серовато-черная	5,5	6,1-6,4	Разлагается в горячей HNO <sub>3</sub> с выд. S и As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; раствор розовый. Форма кристаллов и розовый оттенок	Арсенопирит, сперрилит	Пирротин, халькопирит, арсенипирит, сфалерит, висмутин	Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, скарны
* Герсдорфит NiAsS	Кубическая, {100}, {110}, {111}, {311}, зернистый	Сов. по {100} в трех направл. Неровный	Оловянно-белый до стально-белого. Серовато-черная	5,0-5,5	5,6-6,2	Разлагается в горячей HNO <sub>3</sub> , раствор зеленый. Редкий	Ульманит, арсенипирит	Арсениды Co и Ni, халькопирит, ульманит, пирит, висмутин	В кварцевых и карбонатно-кварцевых жилах
* Арсенипирит (мышьяковый колчедан) FeAsS	Моноклинная, призматические и изометричные кристаллы, зернистые и шестоватые агрегаты	Несов. по {101}, {010}. Неровный	Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная	5,5-6,0	5,9-6,3	Разлагается в горячей HNO <sub>3</sub> с выд. S. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость, чесночный запах при ударе	Кобальтин, гудмундит	Пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, висмутин	В кварцевых и пегматитовых жилах Типичный гидротермальный минерал широкого диапазона температур, скарны

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Гудмундит FeSbS	Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые агрегаты	Отсутствует. Неровный	Серебряно-белый. Черная	6,0	6,7-6,9	Разлагается в горячей HNO <sub>3</sub> . Редкий. Реакция на Sb	Арсенопирит, кобальтин	Арсенопирит, молибденит, пирротин, халькопирит	Среднетемпературный гидротермальный минерал
X Скуттерудит (шмальтин) CoAs <sub>2</sub>	Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы	Несов. по {100}. Неровный, раковистый	Оловянно-белый. Серовато-черная	5,5-6,0	6,5-6,8	Раствор. в HNO <sub>3</sub> с образованием розового раствора. Ассоциация с другими арсенидами и форма кристаллов	Никельскуттерудит, саффлорит	Кобальтин, арсенопирит, пирротин, арсениды Co и Ni	Среднетемпературный гидротермальный минерал
X Никельскуттерудит (хлоантит) NiAs <sub>2-3</sub>	Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы	Несов. по {100}. Неровный	Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная	5,5-6,0	6,4-6,8	Раствор. в HNO <sub>3</sub> с образованием зеленого раствора. Ассоциация с никелином, форма кристаллов	Скуттерудит, раммельсбергит	Арсениды Co и Ni, кобальтин, герсдорфит	Среднетемпературный гидротермальный минерал
Пирролюзит MnO <sub>2</sub>	Тетрагональная, призматические кристаллы, землистые, скрытокристаллические агрегаты	Сов. по {110} в двух направл	Стально-серый, железо-серый в кристаллах. Черный в землистых агрегатах. Черная	6,0-6,5	4,7-5,2	Растворяется в HCl с выд. Cl <sub>2</sub> .	Оксиды и гидроокислы Mn	Романешит, криптомелан, браунит, родохрозит, гетит	Типичный минерал коры выветривания, зоны окисления, морских осадков, гидротермальный в жилах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Сперрилит Pt As <sub>2</sub>	Кубическая, {100}, {110}, {111}, {302}, обычно хорошо образованные кристаллы	Несов. по {100}. Раковистый	Оловянно- белый. Темно-серая	6,0- 7,0	10,58	В кислотах не раствор. В п.п.тр. на угле плавится , образуя платину и As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Иридная платина	Пирротин, халькопи- рит, пентландит, магнетит	Медно- никелевые сульфидные руды, россыпи
*Осмий Os (иридосмин, сысерскит)	Гексагональ- ная, Пластинчатые и боченковид- ные кристаллы	Сов по {0001} в одном направл	Серый, стально- серый	6,0- 7,0	21,0- 23,0	В кислотах не раствор., в п.п.тр. темнеет, издавая резкий запах OsO <sub>4</sub> . Слабо магнитен, ковок	Платина	Платина, хромит, магнетит, платиноиды	Ультраосновные породы, россыпи
X Иридий Ir (невьянскит)	Кубическая, изометричные зерна и кристаллы	Раковистый	Оловянно-белый	6,0- 7,0	22,0- 25,0	В кислотах не раствор., сплавы с KNO <sub>3</sub> раствор. В воде, образуя синий осадок окиси иридия. Слабо ковок	Сперри- лит, платина	Иридоосмин, хромит, магнетит, платиноиды	Ультраоснов- ные платиноносные массивы, россыпи
<b>1. 2 Цвет жел</b>					<b>тый, красный</b>				
* Медь Cu	Кубическая, {100}, {111}, (110); дендриты, проволочки	Отсутст- вует. Крючко- ватый	Светло-розовая в свежем изломе, мед-но-красная при окислении. Медно красная, блестящая	2,5- 3,0	8,4- 8,9	Легко раствор. в HNO <sub>3</sub> . Ковкость, цвет, вторичные продукты	Аурикуп- рид	Халькозин, куприт, кальцит, гетит, атакамит	Гидротермаль- ная в основных и ультраосновных изверженных породах, в зоне окисления

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Золото Au	Кубическая, {111}, {100}, {110}; чешуйки, лис- точки, само- родки	Отсутству- ет. Крючкова- тый	Золотисто- желтый до светло-желтого, иногда розова- тый оттенок. Золотисто-жел- тая, блестящая	2,5- до 3,0	15,6- 18,3	Раствор. в царской водке. Цвет, высокая ковкость, отсутствие продуктов окисления	Халькопи- рит, аурик- уприд	Арсенопи- рит, пирит, галенит, сфалерит, халькопи- рит и др	Гидротермаль- ное в кварцевых жилах, конгломератах, черных сланцах, в зоне окисления
* Борнит Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>	Кубическая, {100}, {110}, {111}; зернистый	Несов. по {111}. Мелкора- ковистый	Темный мед- ноокрасный, с пестрой по- бежалостью. Серовато-черная	3,0	4,9- 5,3	Раствор. в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Цвет в свежем изломе и низкая твердость	Никелин, пирротин, ковеллин	Халькопи- рит, халькозин, галенит, пирит, сфалерит	Гидротермаль- ный в основных изверженных породах и кварцевых жилах, скарнах, зоне окисления
X Миллерит Ni S	Тригональная, игольчатый, волокнистый, зернистый	Сов. по {10 $\bar{1}$ 1} и {10 $\bar{1}$ 2}. Неровный	Бледно ла- тунно-жел-тый, иногда с побежа- лостью. Зеленовато- черная	3,0- 3,5	5,2- 5,6	Раствор. в HNO <sub>3</sub> , раствор в зеленый цвет. Игольчатая форма выделений	Халько- пирит	Пирит, Халькопи- рит, сульфиды и арсениды Ni и Co, кальцит	Медно- никелевые месторождения, кварцевые и кварц- карбонатные жилы
*Халькопирит (медный кол- чедан) CuFeS <sub>2</sub>	Тетрагональ- ная, зернистые агрегаты, иногда тетраэдри- ческие кристаллы	Несов. по {112} и {101}. Раковис- тый, неровный	Латунно- желтый, нередко пестрая побежалость. Зеленовато- черная	3,0- 4,0	4,1- 4,3	Раствор. в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Цвет, твердость, хрупкость	Пирит, золото, талнахит	Пирротин, пирит, арсенопи- рит, галенит, сфалерит и др.	Высоко- и средне- температурный гидротермаль- ный минерал в основных породах, скарнах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Талнахит $Cu_9Fe_8S_{16}$	Кубическая, зернистый	Несов. Раковис- тый	Латунно-жел- тый, на свежем сколе быстро образуется побежалость	3-4	4,3- 4,4	Раствор. В $HNO_3$	Халькопи- рит	Кубанит	Медно- никелевые месторождения в основных породах
X Пентландит (никелевый колчедан) $(Fe,Ni)_8S_9$	Кубическая, зернистые агрегаты и структуры распада в пирротине	Сов. по {111} в четырех направл. Раковис- тый	Бронзово- желтый. Зеленовато- черная	3-4,0	4,5-5	Раствор. в $HNO_3$ , окрашивая раст- вор в зеленый цвет. Ассоциация и характерная спайность	Пирротин, пирит	Пирротин, халькопи- рит, талнахит, магнетит, кубанит	Магматический в основных изверженных породах
* Пирротин гексагональ- ный $Fe_{1-x}S$	Гексагональ- ная, таблит- чатые и призм- атические кристаллы	Несов. по {10 $\bar{1}$ 0}, отдельность по {0001}. Неровный	Бронзово- желтый с бу- роватой по- бежалостью. Серовато-черная до черной	3,5- 4,5	4,6- 4,7	В $HNO_3$ и $HCl$ разлагается с трудом. Бронзово-желтая окраска	Троилит, кубанит	Халькопи- рит, пентландит, пирит, сфалерит, арсено- пирит	Среднетемпера- турный гидротермаль- ный минерал, в основных породах, скар- нах, кварцевых жилах
* Клинопирро- тин (магнитный колчедан) $Fe_7S_8$	Моноклинная, зернистые агрегаты	Отдель- ность по {001}. Неровный	Бронзово- желтый. Серовато-черная до черной	3,5- 4,5	4,6- 4,7	Раствор. в $HNO_3$ . Бронзово-желтая окраска и магнитность	Троилит, кубанит, пирротин гексаго- нальный	Халькопи- рит, пентландит, пирит, сфалерит, арсенопи- рит	Среднетемперат- урный гидротер- мальный мине- рал, в основных породах, скар- нах, кварцевых жилах
X Троилит $FeS$	Гексагональ- ная, зернистый	Неровный	Бронзово- желтый.	4	4,6- 4,8	Легко раствор. в $HCl$ с выд. $H_2S$ . Парамагнитен	Пирротин	Халькопи- рит, пенландит	Медно-никеле- вому месторож- дения в основ- ных породах, серпентинизиро- ванные гиперба- зиты, включения в метеоритах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Туламенит PtFeCu (купро- платина)	Кубическая, зернистый	Кубическая, зернистый	Неровный	4	14,6	В кислотах не раствор. Сильно магнитен	Пирротин	Изоферр- платина, тетрафер- роплатина, хромшпи- нелиды	В ультраснов- ных извержен- ных породах
X Никелин NiAs	Гексагональ- ная, почковидные, зернистые агрегаты	Несов. по {10 $\bar{1}$ 0}. Неровный	Бледно медно- красный. Буровато-черная	5-5,5	7,6- 7,8	Легко раствор. в HNO <sub>3</sub>	Борнит, пирротин	Шмальтин, хлоантит, саффорит, раммельс- бергит, скуттерудит	В медно-нике- левых месторож- дениях в основ- ных извержен- ных породах, карбонатных и кварц-карбонат- ных жилах
* Марказит (лучистый колчедан) FeS <sub>2</sub>	Ромбическая, копьевидные и таблитчатые кристаллы, конкреции, натечные агрегаты	Ясная по {101}. Неровный	Латунно-желтый с серым оттенком. Черная	6-6,5	4,9	Разлагается в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Форма выд	Пирит, арсенопи- рит	Пирит, халь- копирит, галенит, сфалерит, пирротин	Низкотемпер- турный гид- ротермальный минерал, в зоне окисления
* Пирит (серный колчедан) FeS <sub>2</sub>	Кубическая, зернистые аг- регаты, коло- морфные массы, хорошо образованные кристаллы	Несов. по {100}, отдельность по {111}. Раковис- тый	Светлый латунно-желтый. Зеленовато- черная	6-6,5	4,9- 5,2	С трудом разлагается в HNO <sub>3</sub> с выд. S. Форма кристаллов, твердость, окраска	Марказит, халькопи- рит, арсенопи- рит	Халькопи- рит, сфалерит, арсенопи- рит и др.	Наиболее широко распространен- ный сульфид



**2. Минералы с полуметаллическим  
Черта аналогична цвету минерала в массе**

**блеском. Цветные непрозрачные  
или светлее, но всегда отчетливая**

Таблица 2

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твердость	Плотность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минералы	Сопутствующие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>2.1. Черта бурая, буро-черная, черная.</b>									
X Ферберит FeWO <sub>4</sub>	Моноклиная, зернистые агрегаты, призматические и таблитчатые кристаллы	Сов. по {010} в одном направлении. Неровный	Черный. Черная	4,5	7,3-7,5	Раствор. в HNO <sub>3</sub> и HCl. Ассоциация, окраска, спайность	Танталит, сфалерит, касситерит	Касситерит, висмутин, топаз, берилл, флюорит	Высокотемпературный гидротермальный минерал кварцевых жил, грейзенов, пегматитов
X Уранинит UO <sub>2</sub>	Кубическая, массивный, колломорфный - настуран,	Неровный, раковистый	Стально-серый до черного. Черная, буровато-черная, слегка блестящая	5-6,0	7,5-10,	Раствор. в H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> и HCl. Радиоактивность, окраска, форма выд	Ильменит	Монацит, ксенотим, циртолит, алланит, биотит	Гидротермальный минерал, в пегматитах, грейзенах, кварцевых жилах и цементе конгломератов
# Ильменит FeTiO <sub>3</sub> (титанистый железняк)	Тригональная, таблитчатый {0001}, {10 $\bar{1}$ 1}, {10 $\bar{1}$ 4}, зернистый	Неровный, раковистый	Железо-черный до стально-серого. черная	5-6	5,6-6,4	В кислотах не раствор. Слабо магнитен	Гематит, магнетит, хромит	Гематит, магнетит, циркон, титанит, апатит, полевые шпаты	В основных изверженных горных породах, пегматитовых и кварцевых жилах, амфиболитах
X Самарскит (Y,Ce,U, Fe <sup>+3</sup> ) <sub>x</sub> (Nb,Ta) <sub>5</sub> O <sub>16</sub>	Моноклиная, псевдоромбический, призматич, метамиктный	Раковистый	Смоляно-черный, бархатисто-черный. Бурая до черной	5-6	5,6-6,4	Разлагается в кислотах при кипячении. Сильно радиоактивен	Колумбит	Колумбит, монацит, топаз, берилл, циркон, шерл	В щелочных пегматитах

1	2	3	4	5	2	6	7	8	9	10
X Эшинит (Ce,Ca,Th) <sub>6</sub> × (Ti,Nb) <sub>6</sub> × (O,OH) <sub>6</sub>	Ромбическая, призматиче- ский, отдель- ные зерна	Раковис- тый, неровный	Буровато- черный до черного. Бурая	5-6		4,9- 5,3	Разлагается в конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Сильно радиоактивен, имеет красные и желто-бурые внутренние рефлексы	Самарс- кит, колумбит, фергусо- нит	Монацит, биотит, циркон, магнетит, апатит, алланит	В щелочных пегматитах
* Романешит (псиломелан) (Ba, H <sub>2</sub> O) × (Mn <sup>4+</sup> , Mn <sup>3+</sup> ) <sub>5</sub> ×O <sub>10</sub>	Моноклин-ная; натеч-ные, почко-видные, плотные агрегаты	Неровный, скорлупова- тый	Темный стально- серый до черного. Коричневато- черная	5-6		4,0- 4,7	Легко с выд. Cl <sub>2</sub> . Окрашивает пламя в зеленый цвет	Крипто- мелан, пиролою- зит	Пирролюзит, якобсит, браунит, гаусманит	Типичный мине- рал коры вывет- ривания, зоны окисления, мор- ских осадков, редко гидротер- мальный
* Криптомелан K(Mn <sup>4+</sup> , Mn <sup>2+</sup> ) <sub>8</sub> O <sub>16</sub>	Моноклин-ная, псевдотетра- гональный, тонкозерни- стый, тонковолок- нистый, почковидный	Неровный	Стально-серый до черного. Коричневато- черная	6-6,5		4,2- 4,4	Раствор. в HCl и HNO <sub>3</sub>	Романе- шит, пиролою- зит	Манганит, романешит, пиролоюзит, браунит, якобсит, исутит	В метаморфизо- ванных марган- цевых м-ниях и их зоне окисле- ния, осадочных марганцевых ру- дах, в пегмати- товых и кварц- карбонатных жилах
* Магнетит (магнитный железняк) Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Кубическая, {111}, {110}, {311}, зерни- стый, землис- тый. Мушкетовит - псевдо- морфоза по гематиту	Отдель- ность по {111}. Неровный, раковистый	Черный, темно- серый. Черная	5,5-6		4,8- 5,3	Раствор. в HCl при нагревании. Сильно магнитен	Ильменит, гематит, хромит	Ильменит, гематит, фторрапатит, андрадит, эпидот, диопсид	Магматический в основных изверженных породах; метасоматичес- кий в скарнах; железистые кварциты

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Лопарит (Ce,Na, Ca) $\times$ $\times$ (Nb,Ti)O <sup>3</sup>	Кубическая, псевдокуби- ческий {100}, двой-ники прорас-тания по{111}	Несов. по {100}. Неровный	Черный, серовато- черный.  Коричнево-бурая	5,5-6	4,7- 4,9	В кислотах нераствор.  Характерно нахождение в щелочных породах	Перовскит	Микроклин, нефелин, альбит, эгирин, арфедсонит, эвдиалит, апатит	В щелочных изверженных породах и их пегматитах
X Якобсит MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Кубическая, зернистый	Отдель- ность по{111}	Черный, буро- вато-черный.  Бурая, буро- вато-черная	5,5- 6,5	4,8- 4,9	Раствор. в HCl с выдел. хлора.  Слабо или сильно магнитен	Браунит, магнетит	Гематит,теф- роит, гаусма- нит, гранат, эпидот, родо- хрозит	В гидротер- мальных и мета- морфических месторождениях, скарнах
* Хромит (хромистый железняк) FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Кубическая, зернистый, нодулярный, редко кристаллы	Отсутству- ет. Неровный	Черный, буровато- черный.  Бурая, иногда серая			В кислотах раствор. при сплавлении с  Бурая черта, высокая твердость, иногда слабая магнитность	Гематит, магнетит, ильменит	Форстерит, серпентин, магнетит, уваровит	Магматический в ультра- основных изверженных породах, россыпях
* Ферроколум- бит Fe,Mn)Nb <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Ромбическая, Призматичес- кий, пластинчатый, сплошной, зернистый	Ясная по  Раковистый , неровный	Черный.  Черная, буровато-черная			В кислотах не раствор.  Слабо магнитен	Самарскит, ильменит, вольфрамит	Магнетит, ильменит, альмандин, циркон, ксенотим	В кислых и щелочных изверженных породах их пегматитах и карбонатитах
Ферротанталит (Fe,Mn)Ta <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Ромбическая, Призматичес- кий, пластин- чатый	Ясная по  Раковистый	Черный, буровато- черный.  Буровато-черная			В кислотах не раствор	Самар- скит, ильменит, вольфра- мит	Сподумен, поллуцит, лепидолит, берилл, турмалин, топаз	В гранитных пегматитах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		<b>2.2. Черта красновато-бурая, же Цвет темно-красный</b>				<b>лтовато-бурая, зеленовато-серая. темно-бурый, черный</b>			
X Манганит	Моноклинная, натечные, плотные и зернистые массы, конкреции, оолиты	В. сов. по {010} и сов. по {110}. Неровный	Темный стально-серый до железочерного. Красновато-бурая, бурая			Раствор. в конц. и конц. HCl с выд. хлора.  Цвет черты и твердость	Гетит, гаусманит, браунит	Родохрозит, пиролюзит, гетит, романешит, браунит, барит	В осадочных м-ниях марганца, реже, низкотемпературный гидротермальный минерал
X Алабандин MnS	Кубическая, {100}, {110}, {111}, зернистый	Сов. по {100} в трех направл	Железо-черный до стальносерого, часто бурая побежалость. Зеленовато-серая	3,5-4	3,9-4,1	Бурно раствор. в HCl и HNO <sub>3</sub> с выдел. H <sub>2</sub> S. Слабо магнитен	Сфалерит, гауерит	Родохрозит, тефроит, галенит, сфалерит, пиррофанит, рододит, пироксмангит	В низкотемпературных гидротермальных жилах и метаморфогеных марганцевых рудах
Мангантаталит Mn Ta <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Ромбическая, призматически зернистый	Ясная по {010}	Буровато-красный, темнокрасный. Темно-красная	6	7,5	В кислотах не раствор. Прозрачен в тонких сколах	Манганколумбит, гейкелит	Пирофанит, воджинит, эшинит(Se)	В редкометалльных и литиевых пегматитах
* Сфалерит (цинковая обманка)  Fe - марматит	Кубическая, часто кристаллы, зернистый, скорлуповатый, коллоидморфный, землистый	Сов. по {110} в шести направл.	Бурый, черный, красноватобурый, желтый, зеленый. Бурая, желтовато-бурая			Раствор. в конц. с выд. серы, в HCl с выд. H <sub>2</sub> S.  Форма кристаллов и спайность	Вольфрамит, вюрцит	Галенит, халькопирит, пирит, блеклые руды, кальцит, кварц	Гидротермальный минерал широкого диапазона температур

## Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Гюбнерит	Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые и радиально-лучистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Красновато-бурый до коричневаточерного. Желтовато-бурая до красноватокоричневой			Разлагается в горячих конц. и HCl. Форма зерен, окраска, спайность	Сфалерит, касситерит	Триплит, висмутин, шеелит, касситерит, молибденит	Высокотемпературный гидротермальный минерал, грейзены и пегматиты
* Гейкелит	Тригональная, отдельные зерна и сплошные массы, редко кристаллы	Ясная по }, отдельность по {0001}. Раковистый	Красно-бурый до черного. Буровато-красная			В кислотах не растворяется. В тонких осколках просвечивает красным. Редок	Пирофанит, ильменит	Шпинель, циркон, хромит, диопсид, форстерит	Магматический в ультраосновных изверженных породах, в россыпях, реже гидротермальный
* Гетит	Ромбическая, почковидные, натечные выделения параллельно-волокнистого строения	Сов. по {010} и менее сов. по {100}. Занозистый, неровный	Желтовато-бурый до черного. Желтовато-бурая, бурая			Медленно раствор. в HCl. Параллельно-волокнистое строение и желтый оттенок черты	Гематит, лепидокрит	Гематит, лепидокрит, кальцит	Гипергенный минерал зоны окисления и коры выветривания; осадочные образования, реже, гидротермальный
X Гаусманит $Mn^{2+}Mn^{3+}_2O_4$	Тетрагональная, бипирамидальный, зернистый	Ясная по {001} в одном направл. неровный	Коричневато-черный до черного. Коричневая, красноватобурая	5-5,5	4,7-4,9	В HCl раствор. с выделен. хлора	Браунит, гейкелит, магнетит	Пирролизит, псилименлан, браунит, гематит, тефроит, родохрозит	В метаморфизованных марганцевых м-ниях, скарнах и гидротермальных жилах

## Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Пирофанит $MnTiO_3$	Тригональная, тонкотаблитчатый, зернистый	Отчетливая по $\{02\bar{2}1\}$	Буровато-красный до черно-красного.  Охряно-желтая до красновато-бурой			В кислотах не раствор.  В тонких листочках просвечивает красным	Ильменит, гейкелит, рутил	Пирохроит, родонит, спессартин, родохрозит, алабандин, натролит	В метаморфических марганцевых месторождениях и пегматитах щелочных массивов
Мангано-колумбит	Ромбическая, призматический, зернистый	Ясная по $\{010\}$ , раковистый	Красновато-бурый до черного.  Красновато-бурая	6	5,4	В кислотах не растворяется.  Красные рефлекс	Манганотанталит, гейкелит	Самарскит, эвксенит, фергусонит	В редкометалльных пегматитах
X Торианит $ThO_2$	Кубическая, $\{100\}$ , $\{111\}$ , зернистый	Несов по $\{110\}$ , неровный	Серовато-коричневый до черного.  Зеленовато-серая	6,5-7,5	8,4-10,0	Растворяется в $HNO_3$ и $H_2SO_4$	Уранинит, торит	Циркон, монацит, берилл, флюорит, ильменит, рутил	В кислых изверженных породах и их метаморфических аналогах, пегматитах, карбонатитах и россыпях
* Гематит (железный блеск)	Тригональная, плотные зернистые, тонкочешуйчатые, пластинчатые, натечные агрегаты и кристаллы	Отдельность по $\{0001\}$ и Раковистый	Стально-серый до черного, землистые агрегаты – буровато-красные.  Вишнево-красная			Раствор. в конц.  Специфическая черта, цвет и магнитность после прокаливании	Вольфрамит, хромит	Магнетит, кварц, рутил, сидерит, шамозит, ильменит	В железистых кварцитах, скарнах, жилах альпийского типа и кварцевых, коре выветривания

**3. Минералы с алмазным блеском .  
Или прозрачные в**

**Бесцветные или цветные, идеально прозрачные  
той или иной степени**

Таблица 3

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твер- дость	Плот- ность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минера- лы	Сопутствую- щие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			<b>3.1. Черта оранжевая, Цвет минерала оранжевый,</b>						
X Реальгар AsS	Моноклиная, призматичес- кие кристаллы зернистые агрегаты, налеты	Сов. по {010} в одном направл. Полурако- вистый	Огненно- красный до оранжево-жел- того. Оранжево- красная, огненно-краная	1,5-2	<b>красная красный до черного</b> 3,56	Разлагается в HNO <sub>3</sub> с выд. S, в HCl выпадают желтые хлопья. Окраска и ассоциация	Крокоит, киноварь	Аурипиг- мент, антимонит, киноварь, сажистый пирит	Низкотемпера- турный гидротер- мальный минерал. В жилах и вулканических возгонах
X Глет (литаргит) PbO	Тетрагональ- ная, таблит- чатый, корочки, примазки	Ясная по {110} в двух направл	Красный, оранжево- красный. Красная	2	9,3	Раствор. в HCl, HNO <sub>3</sub> и H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , в последней образуется осадок PbSO <sub>4</sub>	Сурик, киноварь	Церуссит, сурик, англезит, вульфенит, свинец	В зоне окисления свинцовых месторождений
X Киноварь HgS	Тригональная, зернистые аг- регаты, сплошные порошкова-тые массы, реже крсталлы	Сов. по {10 $\bar{1}$ 0} в трех направл. Неровный	Ярко-красный, коричневато- красный. Ярко-красная	2-2,5	8,0- 8,2	Разлагается царской водкой. При нагревании сублимирует. Цвет, спайность, высокая плотность	Куприт, кермезит	Антимо- нит, пирит, реальгар, арсенопи- рит	Низкотемпера- турный гидротер- мальный мине- рал. Преимуществен- но, в жилах

## Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Прустит $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$	Тригональная, призматический, ромбоэдрический, зернистый	До ясной по $\{10\bar{1}1\}$ . Раковистый	Ярко-красный, темнее на свету.  Кирпично-красная	2,0-2,5	5,55-5,64	Разлагается в с выдел. S	Пираргирит, реальгар	Аргентит, пираргирит, серебро, мышьяк	В карбонатно-кварцевых жилах
X Пираргирит $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$	Тригональная, призматический, зернистый	До ясной по $\{10\bar{1}1\}$ . Раковистый, неровный	Вишнево-красный до красновато-черного.  Пурпурно-красная	2,0-2,5	5,8-5,9	Разлагается в с выдел. S и	Прустит	Галенит, серебро, прустит, аргентит	В карбонатно-кварцевых жилах
X Сурик $\text{Pb}^{4+}\text{Pb}_2\text{O}_4$	Тетрагональная, плотный или порошковатый	Неровный	Ярко-красный до буровато-красного. Желто-оранжевая	2,0-3,0	8,2-9,2	Раствор. в HCl с выдел. Cl, в образуется и коричневый осадок $\text{PbO}_2$ .	Глет	Галенит, церуссит, массикот, вульфенит	В зоне окисления свинцовых месторождений
Редок									
# Крокоит	Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, массивные агрегаты	Ясная по $\{110\}$ в двух направл.  Раковистый, неровный	Гиацинтово-красный, оранжево-красный.  Желтовато-оранжевая			Раствор. в HCl с выд. Cl и $\text{PbCl}_2$ . Ассоциация и окраска	Реальгар, феникохроит	Вокеленит, пироморфит, миметезит, церуссит	Зона окисления сульфидных м-ний



Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Куприт Cu <sub>2</sub> O	Кубическая, мелкозернистый, порошковатый, кубические и столбчатые кристаллы - вискры	До ясной по {111}. Неровный, раковистый	Темно-красный, кирпично-красный до черного. Буровато-красная	3,5-4	5,9-6,2	Легко раствор. в Ассоциация со вторичными минералами меди	Киноварь, прустит. Пираргирит	Медь, малахит, гетит, псевдомалахит	Зона богатых окисных руд медносульфидных м-ний
* Лепидокрокит (рубиновая слюдка) FeO(OH)	Ромбическая, мелко-чешуйчатый, радиально-пластинчатый, таблит-атые кристаллы	Сов. по {010} и {001} в двух направл. Неровный	Рубиново-красный, вишнево-красный. Оранжево-красная	4-5	3,8-4,1	Раствор. в HCl. Красноватый оттенок черты и парагенезис	Гетит, гематит	Гетит, гематит, пирит	В бурых железняках зоны окисления, бокситах, почвах

**3.2. Черта желтая**  
**Цвет минералов желтый, коричневый**

*Сера S	Ромбическая, зернистые, порошковатые, сливные агрегаты и дипирамидальные кристаллы	Несов. по {001}, {110}. Раковистый, неровный	Серно-желтый, медово-желтый, зеленовато- и буровато-желтый. Белая	1-2					
* Ферримолибдит	Ромбическая, радиально-волоконистые и порошковатые агрегаты	Сов. по {001}. Неровный	Канареечно-желтый, зеленовато-желтый. Бледно-желтая						

**светло-желтая, белая.**  
**вый до черного, иногда бесцветный**

	Легко горит. Раствор. в сероуглероде и скипидаре. Цвет, хрупкость, блеск, горючесть	Розицкит, аурипигмент	Гипс, ангидрит, кальцит, арагонит	В вулканических отложениях, осадочных породах и зоне окисления сульфидных м-ний
	Раствор. в кислотах. Форма выд. и развитие по молибдениту	Ярозит, ферротунгстит	Молибденит, вольфрамит, полевой шпат	Зона окисления молибденовых м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Тюямунит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2 \times$ $\times (\text{VO}_4)_2 \times$ $\times 8\text{H}_2\text{O}$	Ромбическая, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты	Сов. по {001} в одном направл	Канареечно- желтый, зеленовато- желтый. Желтая	1-2	3,7- 4,5	Раствор. в кислотах. Цвет, форма выд. Радиоактивность	Карнотит, урановые слюдки	Карнотит, уранинит, коффинит, роскоэлит	Зона окисления урановых м-ний и терригенные осадочные породы (песчаники)
X Арсенолит $\text{As}_2\text{O}_3$	Кубическая, октаэдричес- кий, землис- тый,	Сов. по {111} в 4-х направл. Раковистый	Бесцветный, белый, желтый. Белая	1,5	3,7- 3,9	Частично раствор. в горячей воде. Возгоняется в виде белого дыма	Сенармон- тит, валенти- нит	Мышьяк, арсенопи- рит, теннантит, реальгар, аурипиг- мент	Зона окисления сульфидных м-ний
X Аурипиг- мент $\text{As}_2\text{S}_3$	Моноклиная, кристаллы, пластинчатые и волокнистые агрегаты, порошковатые массы	В. сов. по {010} в одном направл	Золотисто- желтый, лимонно- желтый. Светло-желтая	1,5-2	3,5	Раствор. царской водке и щелочах с выпадением бурого осадка. Цвет, низкая твердость и спайность	Сера	Реальгар, антимонит, пирит, арсенопи- рит, гетчеллит	Низкотемпера- турные гидротер- мальные м-ния и отложения горя- чих источников
X Сенармон- тит	Кубическая, октаэдричес- кий, зернистый	Раковистый, неровный	Бесцветный, серовато- белый. Белая			Легко раствор. в  Ассоциация с антимонитом и вторичными минералами Sb	Валенти- нит, арсенолит	Антимонит, кремезит, сурьма	Зона окисления сурьмяных м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Карнотит $K_2(UO_2)_2(VO_4) \cdot 2 \times 3H_2O$	Ромбическая, пластинчатый, землистый	Сов. по {001} в одном направл	Ярко-желтый до лимонно-желтого. Желтая	2-2,5	4,5-5,0	Легко раствор. в кислотах. Яркий цвет, приуроченность к осадочному комплексу, радиоактивность	Отенит, тюямунит	Тюямунит, фольбортит, россит, уранинит, асфальтит	Зона окисления урановых м-ний и в песчаниках
X Вульфенит $Pb(MoO_4)$	Тетрагональная, дипирамидальный, пластинчатый, зернистый	Ясная по {011}	Оранжево-желтый, серовато-желтый. Белая	2,5-3	6,5-7	Раствор. в кислотах	Штольцит, шеелит	Пироморфит, ванадинит, церуссит, галенит, миметизит	Зона окисления сульфидных м-ний
X Штольцит $Pb(WO_4)$	Тетрагональная, дипирамидальный, зернистый	Несов. по {011}. Раковистый, неровный	Красновато-желтый, желтовато-серый, соломенно-желтый. Белая	2,5-3	7,9-8,3	Раствор. в HCl с выдел. $WO_3$	Вульфенит, шеелит	Ванадинит, миметизит, вульфенит, церуссит, лимонит	Зона окисления сульфидных м-ний
# Вокеленит	Моноклинная, клиновидный, зернистый	Неровный	Оливково-зеленый до черного. Зеленовато-желтая			Раствор. в $HNO_3$	Лаксманит, форнасит	Крокоит, пироморфит, миметизит, ванадинит	Зона окисления сульфидных м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Ванадинит	Гексагоальная, призматические кристаллы и мелкозернистые корочки	Раковистый, неровный	Оранжево-красный, коричнево-красный, коричнево-желтый. Бледно-желтая	2,5-3	6,5-7,1	Легко растворяется в HCl и  Форма кристаллов, цвет и ассоциация	Миметезит	Миметезит, пироморфит, деклазит, церуссит, вульфенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Ярозит $KFe_3(SO_4)_2 \times$	Тригональная, ромбоэдрические кристаллы, тонкочешуйчатые плотные агрегаты	В. сов. по {0001} в одном направл.	Охристо-желтый до коричнево-желтого. Желтая	2,5-3,5	3,1-3,3	Раствор. в кислотах. Жирный на ощупь	Гетит, лимонит	Лимонит, гематит, гетит	Зона окисления сульфидных м-ний
* Церуссит	Ромбическая, пластинчатые и бипирамидальные кристаллы, зернистые и натечные агрегаты	Ясная по {110} и Раковистый	Бесцветный, белый, серый, желтый. Белая	3-3,5	6,5	Раствор. в кислотах с выд.  Форма кристаллов, блеск, плотность и ассоциация	Англезит	Англезит, смитсонит, вульфенит, малахит, галенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Сфалерит (цинковая обманка)	Кубическая, тетраэдрические кристаллы, зернистый, реже землистый - брункит	Сов. по {110} в шести направл. Раковистый	Желтый, зеленый (клейофан), красный, бурый. Светло-желтая			Раствор. в конц. с выд. S, в HCl с выд. H <sub>2</sub> S.  Форма кристаллов, спайность и блеск	Гринокит, вюрцит	Галенит, блеклая руда, халькозин, борнит	В полиметаллических м-ниях, в известняках и колчеданных рудах

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Миметизит Cl	Гексагональ- ная, призматически й, зернистый	Неровный	Бесцветный, белый, желтый, бурый.  Белая	3,5-4	7,2- 7,3	Раствор. в и HCl, где выпадает PbCl <sub>2</sub>	Пиромор- фит, ванадинит	Пиромор- фит, ванадинит, церуссит, вульфенит, бедантит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Пироморфит	Гексагональ- ная, призматичес- кие кристаллы и зернистые агрегаты	Неровный	Желтый, желтовато- зеленый, бурый.  Белая	3,5-4	7-7,1	Раствор. в кислотах.  Легко плавит- ся, после охлаждения приобретает полиэдричес- кую форму	Миметезит, ванадинит	Церуссит, лимонит, крокоит, вокеленит, вульфенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Шеелит	Тетрагональ- ная, дипирамидальн ые кристаллы и зернистые агрегаты	Ясная по  Неровный	Белый, серый, бледно- желтый, оранжево- красный.  Белая	4,5-5	5,8- 6,2	Раствор. в HCl с выд. WO <sub>3</sub>  Плотность, форма крис- таллов, люми- несцирует в УФ-лучах	Кварц	Вольфра- мит, касситерит, гранат, эпидот, флюорит	Кварцевые жилы и скарны
* Пироклор	Кубическая, октаэдрические кристаллы и мелкокристалл ические агрегаты	Отдельность по {111} Раковистый	Желто-бурый, янтарно-жел- тый, зелено- вато-желтый.  Светло-желтая			С трудом раствор. в HCl. Разлагается в конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Форма кристаллов, цвет	Циркон, шеелит, перовскит	Циркон, ильменит, биотит, апатит, титанит, алланит	Нефелиновые сиениты, альби- тизированные граниты, щелоч- ные основные породы и карбонатиты

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Перовскит CaTiO <sub>3</sub>	Ромбическая (псевдокубическая), кубический, октаэдрический, зернистый редко	Несов. по {100}. Раковистый, неровный	Черный, буровато-черный, красновато-бурый, буровато-желтый. Белая, буровато-серая	5,5	4,1-4,3	Раствор. в HF и при кипячении в конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Хромит	Хлорит, кальцит, гранат, диопсид, магнетит, ильменит	В ультраосновных и щелочных породах, карбонатах и контактово измененных известняках
Анализ	Тетрагональная, остроидипирамидальные кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {111} в пяти направл. Раковистый	Синий до черного, лимонно-желтый, красновато-коричневый. Белая	5-6	3,9-4	В кислотах не раствор. Цвет и форма кристаллов	Касситерит, рутил	Адуляр, брукит, ильменит, титанит, апатит	Жилы альпийского типа, аксессуарный минерал магматических и метаморфических пород
* Брукит	Ромбическая, уплощенно-призматические и призматические кристаллы	Несов. по {110}. Раковистый	Желтый, желтовато-коричневый до черного. Белая до бледно-желтой	5,5-6	4--4,1	В кислотах не раствор. Уплощенная форма кристаллов, цвет и ассоциация	Рутил	Анализ, титанит, адуляр, рутил, ильменит	Жилы альпийского типа, аксессуарный минерал метаморфических пород
* Рутил	Тетрагональная, призматические и игольчатые кристаллы, коленчатые двойники и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. Раковистый, неровный	Светло-желтый, красновато-бурый до черного (нигрин). Светло-желтая до бледно-коричневой			В кислотах не раствор. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость	Касситерит, циркон, турмалин	Апатит, ильменит, брукит, гематит	В апатитовых жилах и гнездах, в основных изверженных и метаморфических породах и кварцевых жилах

## Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Касситерит	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые и коллоидные агрегаты (деревянистое олово)	Несов. по {110} и Полураковистый, неровный	Желтый, красновато-бурый до коричнево-черного.  Белая до темно-бурой	6-7		Зерна при кипячении с цинком в HCl покрываются пленкой олова.  Плотность, форма кристаллов	Рутил, циркон	Вольфрамит, касситерит, висмутин, арсенопирит, шеелит	В кварцевых и пегматитовых жилах, грейзенах, скарнах, кислых магматических породах и россыпях
* Циркон	Тетрагональная, обычно призматические или дипирамидальные кристаллы, иногда метамиктные	Несов. по {110} и Раковистый	Желтый (жаргон), желто-бурый, красный (гиацинт), красно-коричневый.  Белая до светло-желтой	7-7,5	3,9-4,6	Слабо разлагается в конц.  Преимущественно в кристаллах, люминесцирует в УФ-лучах, иногда радиоактивен	Рутил, касситерит, монацит	Монацит, ксенотим, титанит, алланит, биотит, ильменит	Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, россыпи
X Алмаз	Кубическая, округлые кристаллы, зернистые сростки (борт, баллас, карбонадо)	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый	Бесцветный, голубой, желтый, зеленый, розовый, коричневый до черного.  Белая			В кислотах не растворяется.  Форма кристаллов, блеск, ассоциация, люминесценция в УФ и рентгеновских лучах	Лонсдейлит, муассанит	Пироп, гейкелит, хромдиопсид, форстерит, флогопит	Кимберлитовые и лампроитовые трубки взрыва, россыпи

**3. Минералы с алмазным блеском.  
Черта чаще белая, реже светло окрашенная,**

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твердость
1	2	3	4	5
<b>4.1. Черта имеет отчетливую окраску: Цвет минерала аналогичен цвету</b>				
* Вивианит O	Моноклинная, призматические до игольчатых кристаллы, землистые агрегаты, конкреции, стяжения	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Свежий - бесцветный, на воздухе быстро синее до синего-черного.  Голубоватая до синей	1,5-2
* Эритрин $Co_3(AsO_4)_2 \times$	Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, землистые агрегаты, выцветы, налеты	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Малиново-красный, персиково-красный, бледно-розовый.  Бледно-розовая, розовая	1,5-2,5

**Прозрачные в той, или иной степени  
минерал белее в том месте, с которого получена черта**

Таблица 4

Плотность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минералы	Сопутствующие минералы	Условия нахождения
6	7	8	9	10
<b>зеленую, голубую, синюю, розовую. черты, или несколько темнее</b>				
2,68	Легко раствор. в кислотах.  Окраска и приуроченность к органическим остаткам		Анапаит, фосфаты железа и марганца	Осадочные железорудные м-ния, торфяники
3-3,1	Раствор. в кислотах, окрашивая раствор в розовый цвет.  Окраска и развитие по арсенидам и сульфоарсенидам	Родохрозит	Кобальтин, саффлорит, скуттерудит, аннабергит, кальцит	Зона окисления арсенидных и сульфоарсенидных м-ний кобальта и никеля



Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Глауконит $K(Fe^{+3}Mg) \times$ $\times(OH)$	Моноклинная, землистые массы, черве- образные и шаровидные мелкие стяжения	В. сов. по	Зеленый, зеленовато- бурый до зеленовато- черного.  Зеленая	2-3		Разлагается в с образованием скелета $SiO_2$ .  Цвет, форма выд. и парагенезис	Хлориты, селадонит	Селадонит, слоистые силикаты	В осадочных терригенных горных породах и почвах
Лампрофиллит $\times(SiO_4)_4$ $(OH,F)_2$	Моноклинная, призматичес- кий, радиально- лучистый	В. сов. по {001}	Золотисто- бурый, бронзово- желтый.  Буровато- желтая	2-3		Разлагается в царской водке с выдел. кремнезема.  Грубопластин- чатый	Астрофил- лит	Эвдиалит, мурманит, эгирин, рамзаит, нефелин	В щелочных изверженных породах и их пегматитах
* Аннабергит $\times$ O	Моноклинная, призма- тические и игольчатые кристаллы, землистые аг- регаты, выцветы, налеты	Сов. по  Неровный	Яблочно-зе- лтый, гряз-но- зеленый до белого. Бледно-зеленая до белой	2,5-3	3,0- 3,2	Раствор. в кислотах, окра- шивая раствор в нежно-зеленый цвет. Окраска и развитие по арсенидам и сульфоарсени- дам никеля	Моренозит	Симплезит, моренозит, малахит, адамин, эритрин	Зона окисления арсенидных и сульфоарсе- нидных м-ний кобальта и никеля
X Астрофил лит $(Fe^{2+},Mn)_7 \times Ti_2$ $\times[Si_8O_{24}] \times$ $(O,OH)_7$	Триклинная, таблитчатые, игольчатые кристаллы, радиально- лучистые, волокнистые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Золотисто- желтый, бронзово- желтый.  Буровато- желтая			Легко раствор. в $HCl$ .  Магнитен после прокаливания	Лампрофил лит	Эгирин, ар- федсонит, канкринит, абит, нат- ролит, тита- нит, апатит	В щелочных изверженных породах и их пегматитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Атакамит $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$	Ромбическая, призматический, пластинчатый, мелкозернистый	Сов. по {010}. Раковистый	Изумрудно-зеленый до черно-зеленого.  Яблочно-зеленая	3-3,5		Легко раствор. в кислотах.  Окрашивает пламя в голубой цвет	Малахит, брошантит	Куприт, гипс, параатакамит, брошантит, малахит и др	В зоне окисления медных м-ний в областях с засушливым климатом
* Малахит $\text{Cu}(\text{CO}_3) \times \text{Cu}(\text{OH})_2$	Моноклинная, натечные, почковидные и радиально-лучистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Сов. по {201} и {010}. Неровный раковистый	Ярко-зеленый, темно-зеленый до черно-зеленого.  Бледно-зеленая	3,5		Легко раствор. в кислотах с выдел. $\text{CO}_2$ .  Широко распространен, положительная реакция на $\text{CO}_2$	Атакамит, адамин	Медь, куприт, азурит, хризоколла	В зоне окисления медных сульфидных м-ний
* Азурит $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2 \times (\text{OH})_2$	Моноклинная, таблитчатые кристаллы, зернистые и землистые агрегаты	Сов. по {001} ясная по  Раковистый	Лазурно-синий до темно-синего, голубой в землистых агрегатах.  Голубая	3,5-4	3,7-3,9	Легко раствор. в кислотах с выд. $\text{CO}_2$ .  Окраска, форма кристаллов и ассоциация	Линарит	Малахит, куприт, тенорит, кальцит, хризоколла	В зоне окисления медных сульфидных м-ний
* Брошантит $\text{Cu}_4(\text{SO}_4) \times (\text{OH})_6$	Моноклинная, призматический, игольчатый, зернистый, плотный	Сов. по  Неровный	Светло-зеленый, изумрудно-зеленый, черно-зеленый.  Бледно-зеленая			Раствор. в кислотах	Малахит, атакамит	Малахит, азурит, линарит, церуссит, атакамит	В зоне окисления медных сульфидных м-ний

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Псевдомалахит $\times(\text{OH})_2$	Моноклинная, призматический, натечный, радиально-волоконистый	Ясная по {010}	Голубовато-зеленый, темно-зеленый. Бледно-зеленая	4,5-5		Легко раствор. в кислотах. Специфический голубоватый оттенок	Малахит, хризоколла	Малахит, хризоколла, тенорит, пироморфит, лимонит	В зоне окисления сульфидных медных м-ний
Диоптаз $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \times 6\text{H}_2\text{O}$	Тригональная, призматический, сливной	Со во в п о Раковистый	Голубовато-зеленый, ярко-зеленый. Голубовато-зеленая	5		Разлагается в HCl и HNO <sub>3</sub> с выдел. Студенистого кремнезема	Хризоколла, планшеит	Хризоколла, планшеит, азурит, малахит, церуссит, вульфенит	В зоне окисления сульфидных медных м-ний на контакте с известняками
Х Людвигит	Ромбическая, шестоватые и тонкоигольчатые агрегаты, сплошные зернистые массы	Неровный, занозистый	Темно-зеленый до черного. Зеленовато-серая, серая	5		Раствор. в кислотах. Форма выделения, ассоциация	Шерл, геденбергит	Гумит, форстерит, диопсид, магнетит	Контактово-метасоматические м-ния
Х Лазурит $6\text{Na}[\text{AlSiO}_4] \times 2\text{Ca}(\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl}_2)$	Кубическая, зернистые агрегаты, редко ромбододекаэдрические кристаллы	Несов. по Неровный	Голубой, яркосиний, синефиолетовый, темно-синий. Голубая	5,5-6		Раствор. в кислотах с выд. студенистого кремнезема и сероводорода. Цвет, ассоциация	Содалит, вишневит, нозеан	Кальцит, диопсид, скаполит, пирит	Контакт щелочных изверженных пород и известняков
Пьемонтит $\times[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_2] \times \text{O}(\text{OH})$	Моноклинная, призматический, зернистый	Сов. по {001}, несов. по {100}. Неровный	Вишнево-красный, красновато-бурый, темно-коричневый. Вишнево-красная			В кислотах не раствор., в п.п.тр. вспучивается, легко плавится	Тулит, родонит	Спессартин, браунит, гаусманит	В метаморфизованных марганцевых осадках, глаукофановых и зеленых сланцах

**4.2. Черта имеет зеленоватый или се  
Преобладающая окраска минералов**

1	2	3	4	5
*Вермикулит (Mg, Fe <sup>2+</sup> , Al) <sub>3</sub> × ×[(Al, Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] × ×(OH) × 4H <sub>2</sub> O	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	В. сов. по {001} в одном направл	Золотисто– желтый, желто- бурый, бурый.  Бледно- коричневая, бледно-зеленая	1,5-2
X Гриналит	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	В. сов. по {001}	Темно- зеленый, темно-бурый.  Зеленая, бурая	2-2,5
* Шамозит (Fe <sup>2+</sup> , Mg, Al) <sub>5</sub> × ×[Al (Si, Al) <sub>3</sub> × ×O <sub>10</sub> ] (OH) <sub>8</sub>	Моноклинная, листо-атые, мелко- и тонкоче- шуйчатые агрегаты	В. сов. по	Темно-зеле- ный до чер- ного.  Серо-зеленая	2,5-3
* Аннит K(Mg, Fe) <sub>3</sub> × ×[AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ] (OH) <sub>2</sub>	Моноклинная, столбчатые и пластинчатые кристаллы, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Черный с зеленоватым, красноватым или золотистым оттенком.  Коричневая	2-3

**роватый оттенок, выраженный неясно.  
Зеленая, темно-зеленая, черная**

Продолжение таблицы 4

6	7	8	9	10
2,3	Легко разла- гается в кисло- тах с образо- ванием порош- коватого SiO <sub>2</sub> .  Вспучивается при нагревании	Гидробио- тит	Калиевые полевые шпаты, апатит, циркон	Образуется при выветривании в виде псевдоморфоз по биотиту и флогопиту, встречается в почвах
2,8-3	Раствор. в HCl.  Сплавляется в черное стекло	Крон- шtedтит	Сидерит, пирит, марказит	Образуется при гидролизе железистых силикатов
3-3,4	Раствор. в HCl с выд. студенис- того SiO <sub>2</sub> . Форма выд., цвет, сплавляется в черное стекло	Гриналит	Сидерит, пирит, марказит	Осадочные железорудные м-ния
3-3,1	Разлагается в с обра-зованием скелета SiO <sub>2</sub> .  Цвет, упругость листочков и ассоциация	Биотит, флогопит	Полевые шпаты, титанит, циркон, кварц	Кислые и средние магматические горные породы и их пегматиты, метаморфические породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Рибекит $\text{Na}_2\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_2^{3+} \times$ $\times[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2 \times$ $\times(\text{OH},\text{F})$	Моноклинная, призматический, зернистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°	Светло-зеленый, серо-зеленый до зеленовато-черного.  Зеленовато-серая до белой	5-6		В кислотах не раствор.	Глаукофан	Полевые шпаты, мусковит, кварц	Акцессорный минерал в кислых изверженных породах, фенитах, железистых кварцитах, пегматитах
*Паргасит $\text{NaCa}_2$ $(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_4 \times$ $\times\text{Al}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}]$ $\times(\text{OH})_2$	Моноклинная, шестоватые и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный	Светло-зеленый, серо-зеленый до зеленовато-черного.  Зеленовато-серая	5-6		В кислотах не раствор. Цвет, ассоциация и оптические конс-танты	Гастингсит	Кальцит, доломит, форстерит, диопсид, флогопит	Метаморфизованные карбонатизированные ультраосновные породы, скарны, эклогиты
*Гастингсит $\text{NaCa}_2$ $(\text{Fe}^{2+},\text{Mg})_4 \times$ $\text{Fe}^{3+}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}] \times$ $\times(\text{OH})_2$	Моноклинная, несовершенные кристаллы, шестоватые и зернистые агрегаты,	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124° Неровный	Зеленовато-коричневый, коричневый до зеленовато-черного.  Серо-зеленая	5-6		В кислотах не раствор. Цвет, ассоциация и оптические константы	Паргасит	Пироксен, форстерит, плагиоклаз, ильменит, апатит	Основные магматические, метаморфические и метасоматические породы
* Гиперстен	Ромбическая, плотные зернистые агрегаты, пластинчатые сращения с клинопироксенами	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Темно-зеленый, серовато-черный, томпаково-бурый.  Серая, коричневато-серая	5-6		Частично раствор. в HCl. Сплавляется в черную эмаль  Форма зерен, угол между плоскостями спайности	Энстатит, бронзит	Авгит, салит, плагиоклаз, гастингсит, магнетит, биотит	Породообразующий минерал магматических и метаморфических пород

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Грюнерит	Моноклинная, игольчатый, радиально-лучистый, волокнистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°	Желтый, бурый, зеленовато-серый. Зеленовато-серая	5.5	3-3.5	В кислотах не раствор. Плавится в черное магнитное стекло	Даннеморит	Актинолит, кварц, магнетит, гематит, анкерит, биотит	В контактово и регионально метаморфизованных породах и метасоматических жилах
* Арфедсонит	Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый	Зеленый, зеленовато-черный, черный. Зеленовато-серая, голубовато-серая	5.5-6	3-3.5	В кислотах не раствор. Легко плавится в магнитное стекло Форма зерен, окраска, спайность, ассоциация	Гастингсит, эгирин	Эгирин, гастингсит, куммингтонит, микроклин, плагиоклаз	Щелочные изверженные породы и их пегматиты, щелочные граниты, карбонатиты, метасоматиты
X Ильваит (ОН) <sub>2</sub>	Ромбическая, призматический, изометричный, зернистый, шестоватый	Сов. по {010} и {001} в двух направл.	Черный с буроватым или зеленоватым оттенком. Темно-серая с зеленоватым оттенком	5.5-6	3.8-4.1	Разлагается в HCl с образованием студенистого осадка Сплавляется в черный стекловатый магнитный шарик	Людвицит, энигманит	Кварц, кальцит, геденбергит, даннеморит, магнетит, гранат, эпидот	В известковых скарнах, медно-никелевых сульфидных м-ниях и гидротермально измененных породах
*Авгит (Ca,Na)× ×(Mg,Fe,Al,Ti) [(Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ]	Моноклинная, короткопризматические кристаллы, сплошные зернистые массы	Сов. по {110} и отдельность по {100}. Раковистый, неровный	Зеленый, черно-зеленый до черного. Зеленовато-бурая	5.5-6	3.2-3.6	Частично разлагается в HCl. По форме кристаллов в эффузивах или оптически	Диопсид	Плагиоклаз, оливин, магнетит, пижонит	Породообразующий минерал магматических пород, в гнейсах и кварцитах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Актинолит	Моноклинная, шестоватые, тонко-лучистые и волокнистые (асбест) агрегаты, плотные массы - нефрит	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый	Зеленый, серовато-зеленый, голубовато-зеленый.  Белая до бледно-зеленой	5-6	3.1-3.2	В кислотах не раствор. Плавится с трудом в серо-зеленоватое стекло.  Окраска, форма кристаллов и ассоциация	Тремолит, эпидот, турмалин	Альбит, эпидот, клинохлор, кальцит, доломит, глаукофан	Породообразующий минерал зеленосланцевой фации метаморфизма
* Тефроит $Mn_2[SiO_4]$	Ромбическая, призматический, зернистый	Сов. по {010} и {001}. Раковистый	Пепельно-серый, бурый, оливково- и черно-зеленый.  Серая	5.5-6	3.8-4.3	Раствор. в HCl с выдел. студенистого кремнезема.  Иногда слабо магнитен	Фаялит	Родонит, спессартин, родохрозит, барит, гаусманит, бустамит	В железо-марганцевых м-ниях, скарнах, метаморфизованных марганцевых осадках
Алланит-Ce (ортит) (Ce,Ca,Y) <sub>2</sub> (Al, [Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ]O(OH)	Моноклинная, пластинчатые, досковидные кристаллы, сливные агрегаты	Отсутствует. Неровный, раковистый	Темно-зеленый, смоляно-черный, светло-коричневый.  Серая, светло-зеленая	5.5-6	3.3-4.2	Раствор. в HCl с выд. порошкового SiO <sub>2</sub> . Нередко радиоактивен. Форма кристаллов, цвет, радиоактивность	Меланит, стенструпин	Альбит, апатит, флюорит, биотит, гастингсит, магнетит	Аксессуарный минерал гранитов и сиенитов, их пегматитов, карбонатиты
Диопсид	Моноклинная, призматические кристаллы зернистые шестоватые и радиально-лучистые агрегаты,	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°, отдельность по {100}. Неровный	Светло-зеленый, серо-фиолетовый, розовый, белый.  Белая до бледно-зеленой	5.5-6	3.2-3.4	Слабо раствор. в HCl.  Форма кристаллов и окраска	Геденбергит, гиперстен	Кальцит, флогопит, апатит, магнетит, клинохлор, шпинель	Породообразующий минерал магматических пород, их пегматитов, метаморфических пород, скарнов

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Геденбергит	Моноклинная, крупношестоватые и радиально-лучистые агрегаты, иногда зонально-концентрические	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°, отдельность по {100}. Неровный	Темно-зеленый до черного-зеленого.  Светло-серая с зеленоватым оттенком	5,5-6,5		Частично разлагается в HCl. Легко сплавляется в черный магнитный шарик.  Спайность и ассоциация	Людовигит, шерл	Фаялит, магнетит, кварц, ильваит, полевые шпаты	Породообразующий минерал оливинсодержащих сиенитов, железистых кварцитов, скарнов
* Глаукофан × ×	Моноклинная, призматические кристаллы, шестоватые и волокнистые (асбест) агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Занозистый, неровный	Серо-синий, ярко-синий, голубовато-черный.  Голубовато-серая	6-6,5		В кислотах не раствор.  Окраска и нахождение в метаморфических породах	Рибекит, рихтерит	Эпидот, альмандин, альбит, лавсонит, пумпеллиит	Кристаллические сланцы, эклогиты, метасоматиты
* Эгирин NaFe[Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ]	Моноклинная, радиально-лучистые, спутанно-волокнистые агрегаты, реже игольчатые кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Занозистый, неровный	Светло-зеленый, зеленовато-черный до черного.  Светло-зеленая	6-6,5		В кислотах не раствор.  Форма кристаллов, окраска, спайность, ассоциация	Арфедсонит, энигманит	Полевые шпаты, нефелин, корунд, магнетит	Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железистые кварциты, гидротермалиты
* Жадеит NaAl[Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ]	Моноклинная, плотные агрегаты спутанно-волокнистого строения, зернистые массы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный до занозистого	Белый, серый, зеленовато-серый, зеленый, синий.  Белая	6-6,5		В кислотах не раствор.  Форма выд., окраска, высокая вязкость	Нефрит	Альбит, кварц, анальцим, натролит, эпидот, цоизит	Метаморфические породы, контактово-метасоматические тела, ультраосновные породы



## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Рамзаит $\text{Na}_2\text{Ti}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]\text{O}_3$	Ромбическая, призматический, зернистый, волокнистый	В. сов. по {100}, сов. по	В. сов. по {100}, сов. по	6-6,5		Раствор. в HF. Легко плавится в черный непрозрачный шарик	Катаплеит, эльпидит	Эгирин, лопарит, эвдиалит, астрофиллит, альбит, натролит	В щелочных породах и их пегматитах
*Хлоритоид	Моноклинная, чешуйчатые агрегаты, плохо ограненные порфириобласты	Сов. по {001} в одном направл. Неровный	Темно-зеленый, зеленовато-черный. Светло-зеленая, зеленовато-серая	6,5		Разлагается в . Сплавляется в черное слабомагнитное стекло. Высокая твердость и плотность, ассоциация	Клинохлор, клинтонаит	Биотит, альмандин, кварц, мусковит, ильменит, эпидот	Метаморфические породы, роговики, кварцевые жилы
* Фаялит $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$	Ромбическая, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Ясная по Раковистый, неровный	Темно-зеленый до черного, темно-бурый. Зеленовато-серая	6-6,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого Сплавляется в магнитный шарик. Цвет, твердость, ассоциация	Оливин	Флогопит, шорломит, перовскит, апатит, мелилит	Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железорудные скарны, карбонатиты
* Шерл $\text{NaFe}^{2+}_3\text{Al}_6 \times [\text{Si}_6\text{O}_{18}] \times (\text{BO}_3)_3 (\text{OH},\text{F})_4$	Тригональная, призматические кристаллы, шестоватые, радиальнолучистые, зернистые агрегаты	Отсутствует, Раковистый, неровный	Зеленовато-черный, черный. Зеленовато-серая, серая	7-7,5		В кислотах не раствор. Легко сплавляется в темно-коричневую эмаль. Форма поперечного сечения, твердость	Эгирин, людвигит	Кордиерит, кварц, ортоклаз, биотит, апатит, магнетит	Кислые и щелочные изверженные и метаморфические породы и их пегматиты, грейзены, кварцевые жилы, скарны

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бюргерит $\text{NaFe}_3^{3+}\text{Al}_6 \times$ $\times(\text{BO}_3)_3 \times$ $\times[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \text{O}_3\text{F}$	Тригональный, призматический, игольчатый	С о в .  п о	Темно-бурый, буровато-черный.  Буровато-серая	7		В кислотах не раствор.	Везувиан, кварц	Геденбергит, волластонит, форстерит, плаггиоклаз	В магнезиальных скарнах с борной минерализацией, пегматитах и кислых вулканитах
<b>4.3 Чер та белая</b>									
* Тальк	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристаллические (стеатит) агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл. Неровный	Бледно-зеленый, белый с желтоватым или розоватым оттенком	1		В кислотах не раствор.  Твердость, жирный на ощупь	Пирофиллит, каолинит	Тремолит, флогопит, серпентин, доломит, гематит	Гидротермально измененные ультраосновные породы и метаморфические породы
Сассолин $\text{B}(\text{OH})_3$	Триклинная, таблитчатый, чешуйчатый, натечный	В. сов. по {001}	Бесцветный, белый	1		Растворяется в воде, спирте. Раствор спирта окрашивает пламя в бледно-зеленый цвет.	Бура	Бораты и сульфаты	В вулканических озерах и источниках, в отложениях фумарол
Пирофиллит	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристаллические (агальматолит) агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл. Неровный	Белый, светло-зеленый, буроватый, красноватый	1-1,5		Редок  Раствор. в кислотах.  Твердость, жирный на ощупь, ассоциация	Тальк, каолинит	Каолинит, монтмориллонит, хлорит, кварц	В метаморфических породах, околорудных метасоматитах, вторичных кварцитах и кварцевых жилах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Термонатрит $\text{Na}_2(\text{CO})_3 \times \text{H}_2\text{O}$	Ромбическая, таблитчатый, выцветы, мучнистый	Несов. по {010}	Бесцветный, белый, серый, желтый	1-1,5		Легко раствор. в воде	Сода, трона	Сода, трона, гейлюссит, кальцит	В отложениях соляных озер и фумарол, выцветы в аридных областях
* Сода (натрон)  O	Моноклиная, призматичес- кий, зернистый, рыхлый	Ясная по{001}. Раковистый	Бесцветный до белого, серый, желтый	1-1,5		Легко раствор. в воде, в кислотах с шипением выделяет $\text{CO}_2$	Термонат- рит, трона	Термонат- рит, трона, гейлюссит, кальцит	В отложениях содовых озер и вулканических областей
* Бейделлит $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,5} \text{Al}_2 \times$ $\times [(\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{10} \times$ $\times (\text{OH})_2 \times n \text{H}_2\text{O}$	Моноклиная, пластинчатый, землистый	В. сов. по {001}	Белый, желтый, бурый	1,5		Раствор. в кислотах	Монтморил- лонит, сапонит	Каолинит, монтморил- лонит, галлуазит, кварц, полевые шпаты	В коре выветри- вания основных вул-анических пород, в продуктах гидротермально- го изменения рудных м-ний
* Нашатырь $\text{NH}_4 \text{Cl}$	Кубическая, тетрагонтри- октаэдриче- ский {110}, {211}, {100}, зернистый, рыхлый	Несов. по {111}. Раковистый	бесцветный, белый, желтый, коричневый	1-2		Легко раствор. в воде.  При нагревании сублимирует	Сильвин, галит, масканьит	Буссенго- тит, масканьит, копейскит, аммонио- ярозит, сильвин	В отложениях фумарол и продуктах горения угольных терриконов
Бишофит $\text{MgCl}_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$	Моноклиная, призматичес- кий, зернистый, волокнистый	Раковис-тый, неровный	Бесцветный, белый, красный	1-2		Легко раствор. в воде.  Вкус горький, жгучий	Карналит	Галит, кизерит, карналлит, сильвин, ангидрит	В м-ниях морских солей и осадках озер

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Сапонит (Ca <sub>0,5</sub> , Na) <sub>0,3</sub> × ×(Mg, Fe <sup>2+</sup> ) <sub>3</sub> × ×[(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ]× ×(OH) <sub>2</sub>	Моноклинная, пластинчатый, землистый	В. сов. по {001}. Ровный до раковистого	Буро-зеленый до шоколадно- ко-ричневого	1-2		Раствор. в кислотах.  Жирный на ощупь	Нонтронит	Кальцит, монтморил- лонит, каолинит, хлорит, тальк, тремолит, флогопит	В коре выветривания основных вулканических пород, в продуктах гидротермально- го изменения рудных м-ний
* Нонтронит O	Моноклинная, пластинчатые и землистые агрегаты	В. сов. по  Неровный	Желтовато- зеленый до буро-зеленого и темно-бурого	1-2		Раствор. в кислотах.  Окраска и условия нахождения	Сапонит, монтмо- риллонит	Монтмо- риллонит, магнезит, арагонит, кварц	Кора выветривания ультраосновных пород
* Галлотрихит FeAl <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ]× ×22H <sub>2</sub> O	Моноклинная, игольчатый, волокнистый, спутанно- волокнистый	Несов. по {010}	Бесцветный, белый, желтоватый, зеленоватый	1,5-2		Раствор. в воде	Пиккерин- гит, били- нит, дитрихит	Алуноген, мелантерит, копиапит, гипс	Продукт окисле- ния пирит- содержащих пород колче- данных м-ний и угленосных отложений
* Мирабилит Na <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )× ×10H <sub>2</sub> O	Моноклинная, призматичес- кий, зернистый	Сов. по {100}. Раковистый	Бесцветный, белый	1,5-2		Легко раствор. в воде.  Вкус солонова- то-горький, при нагревании теряет воду и переходит в тенардит	Глауберит	Гипс, галит, тенардит, трона, глауберит, астраханит, эпсомит	В отложениях соляных озер в засушливых областях

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Монтморилло нит	Моноклинная, землистые агрегаты	В. сов.по  Ровный	Белый, розовый, красный	1-2		Раствор. в кислотах.  Жирный на ощупь, сильно разбухает в воде, становится пластичным	Каолинит, галлуазит	Иллит, хлорит, каолинит, галлуазит, пальгор- скит, се- пиолит	Кора выветривания вулканических пород, продукты изменения околорудных пород, почвы
* Гипс H <sub>2</sub> O	Моноклинная, зернистые, волоконистые (селенит) агрегаты	Сов. по {010} в одном нап- равл. Ясная по {100}. Ровный, до занозистого	Бесцветный, белый, голубова-тый, розовый, желтый, оранжевый	2		Слабо рас- твор. в воде, растворяется в НСI.  Спайность , твердость, от- сутствие реак- ции на CO <sub>2</sub>	Брушит, бобьерит	Ангидрит, сера, арагонит, кальцит, кварц	Хемогенные оса- дочные породы, зона окисления сульфидных м- ний, кварцевые жилы и фумаролы
* Сильвин I	Кубическая, зернистые, зем- листые, волок- нистые, шесто- ватые агрега- ты, натеки, выцветы	Сов. по {100} в трех нап- равл. Раковистый	Бесцветный, белый, голубой, желтый, красный	2		Раствор. в во- де. Окрашивает пламя в фиоле- товый цвет.  Пластичен, вкус горько- вато соленый	Галит	Ангидрит, галит, кизерит, карналит, каинит, эпсомит, полигалит	Соляные залежи морского проис- хождения, выцветы на почве, вулкани- ческие продукты
* Мелантерит Fe(SO <sub>4</sub> )×7H <sub>2</sub> O	Моноклинная, призматически й, зернистый, сталактиты	Сов. по {001} и {110}. Раковистый	Травяно-зеле- ный, синевато- зеленый	2		Легко раствор. в воде	Моренозит	Пизанит, галотрихит, пиккерин- гит, копиапит, алуноген	В зоне окисления сульфидных м- ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Госларит O	Ромбическая, зернистый	Сов. по {010}	Бесцветный, белый, желтый	2		Легко раствор. в воде	Эпсомит, мирабилит	Мелантерит, дитрихит, галотрихит, копиапит, алуноген	В зоне окисления сульфидных м-ний
* Галит I	Кубическая, зернистые агрегаты, сталактиты	Сов. по {100} в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, синий, желтый, красный	2-2,5		Легко раствор. в воде. Окрашивает пламя в желтый цвет. Спайность, соленый вкус, ассоциация	Сильвин	Сильвин, карналит, лангбейнит, гипс, ангидрит, полигалит	Соляные залежи, солончаки
X Пирохроит Mn(OH) <sub>2</sub>	Тригональная, таблитчатый, ромбоэдрический, чешуйчатый, волокнистый	Сов. по {0001} в одном направл	Бесцветный, на свету становится бронзово-бурым, черным. При окислении бурая	2-2,5		Легко раствор. в HCL	Брусит	Манганит, доломит, магнетит, гаусманит, родохрозит, кальцит, пироаурит	В кварц-карбонатных жилах
X Буря O	Моноклиная, призматический, зернистый	Несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, белый, розовый, серый	2-2,5		Раствор. воде. Вкус сладковато-щелочной, на поверхности теряет воду и белеет	Сосолин	Галит, трона, тенардит, глауберит, гипс, гейлюсит, углексит	В хемогенных отложениях озер
* Эпсомит Mg(SO <sub>4</sub> )×7H <sub>2</sub> O	Ромбическая, призматический, зернистый, волокнистый	Сов. по {001}	Белый, серый, бурый	2-2,5		Легко раствор. в воде. Вкус горький, вязущий	Госларит, мирабилит	Ангидрит, гипс, полигалит, мелантерит, галотрихит, квасцы	В соляных отложениях, в зоне окисления сульфидных м-ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Каолинит	Триклинная, тонкочешуйчатые, землистые агрегаты	В. сов. по  Плоско-раковистый	Белый, серый, бурый	2-2,5		В кислотах не раствор. С водой становится пластичным.  Окраска, высокая пластичность, мылкий на ощупь	Монтмориллонит, галлуазит	Монтмориллонит, галлуазит, иллит, палыгорскит, сепиолит	Кора выветривания кислых пород
*Галлуазит 4	Моноклинная, землистые, плотные агрегаты	В. сов. по  Плоскорак-овистый	Белый, голубо-ватый, бурый	2		В кислотах не раствор.  Генезис и специальные методы	Каолинит, монтморил-лонит	Каолинит, бейделлит, иллит, монтморил-лонит	Кора выветривания кислых пород и гидротермаль-ные жилы
Сепиолит О	Ромбическая, спутано-волоконистый, глиноподоб-ный	Неровный, плоскоракви-стый	Белый, серовато-белый, желтый, бурый	2-2,5		Раствор. в HCl с выд. SiO <sub>2</sub>	Палыгорс-ки	Кальцит, барит, арагонит, опал, магнезит	В коре выветри-вания серпенти-нитов, карбонат-ных осадочных породах
* Палыгорскит О	Ромбическая, моноклинная, войлокоподоб-ный (горная кожа), листы, пленки	Неровный	Белый, желтовато-серый, буроватый, зеленоватый	2-2,5		Разлагается в конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> с выд. скелета	Сепиолит	Доломит, магнезит, монтморил-лонит, каолинит	В коре вывет-ривания серпен-тинитов, осадоч-ных породах и гидротермаль-ным путем
* Флогопит × (ОН) <sub>2</sub>	Моноклинная, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Бесцветный, буровато-желтый, красновато-коричневый	2-2,5		Разлагается в концентрирова-нной H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Ассоциация	Биотит	Диопсид, форстерит, шпинель, гиалофан, гумит, апатит	Перидотиты, ки-мберлиты, кон-тактово-метасо-матические по-роды и метамор-физованные кар-бонатные толщи

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Карналлит	Ромбическая, зернистые агрегаты, смеси с галитом, волокнистые образования	Раковистый	Бесцветный, розовый, желтый, красный, бурый	2,5		Легко раствор. в воде, сорбируя ее из атмосферы. Вкус горький, жгучий	Галит, сильвин	Галит, сильвин, ангидрит, кизерит, каинит, эпсомит	В залежах калийных солей
* Криолит	Моноклин-ая, зернистые агрегаты	Отдельность по {001} и Неровный	Бесцветный, белый, сероватый, грязно-бурый	2,5		Раствор. в кислотах. Легко плавится, окрашивая пламя в желтый цвет	Хиолит, флюорит	Томсенолит, колумбит, пироксид, топаз, рибекит, альбит, герксугит	Аксессуарный минерал щелочных гранитов и пегматитов
* Гиббсит (гидраргиллит)	Моноклинная, землестые агрегаты, червеобразные выд., оолиты, натечные образования	В. сов. по {001} в одном направл. Ровный, раковистый	Бесцветный, белый, сероватый	2,5-3		Легко раствор. в горячих щелочах и Спайность, форма выд., ассоциация	Бемит, брусит, норстрандит	Каолинит, галлуазит, аллофан, нефелин	Бокситы, щелочные породы как продукт изменения натролита и нефелина
* Брусит	Тригональная, чешуйчатые, волокнистые (немалит), натечные выд., сфероиды	В. сов. по {0001} в одном направл. Чешуйчатый до занозистого	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый	2,5		Легко раствор. в кислотах. В пламени паяльной трубки не плавится. Растворимость в HCl	Гипс, гиббсит	Серпентины, периклаз, доломит, арагонит, тальк, гидромагнезит	Метаморфизованные доломиты, мраморы, серпентиниты, известковые скарны
* Хризотил $Mg_3[Si_2O_5] \times (OH)_4$	Моноклинная, волокнистые и параллельношестовые (асбест), плотные агрегаты	В. сов. по Ровный до занозистого	Белый, желтоватый, зеленый разных оттенков	2,5		Раствор. в HCl с образованием волокнистого скелета. Форма выд., окраска, ассоциация	Лизардит, амфиболы, Ni - хлориты	Лизардит, антигорит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнезит	Гидротермально измененные гипербазиты и контактово-измененные карбонатно-магнезиальные породы



Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лизардит ×	Моноклинная, тонкозернистые агрегаты	В. сов. по  Ровный до раковистого и занозистого	Зеленый, желтовато-зеленый, темно-зеленый	2,5		Раствор. в HCl с образованием порошковатого  Высокая распространенность	Хризотил, Ni-хлориты, Ni-монтмориллониты	Хризотил, актинолит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнетит	Гидротермально-измененные и контактово-измененные карбонатно-магnezильные породы
X Кукеит LiAl <sub>4</sub> × ×[AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ] × ×(OH) <sub>8</sub>	Моноклинная, таблитчатый	В. сов. по {001}	Зеленый, желтовато-зеленый, темно-зеленый	2,5		В кислотах не раствор	Донбасит, тальк, хлорит	Поллуцит, петалит, амблигонит, рубеллит, танталит	В литиевых пегматитах
*Халькантит O	Триклинная, пластинчатые и зернистые агрегаты, натечные образования	Несов. по  Раковистый	Небесно-голубой до ярко-синего	2,5		Легко раствор. в воде.  Вкус металлический, вязущий. Окраска и условия нахождения	Пизанит	Мелантерит, пиккерингит, алуноген, копиапит	Зона окисления медно-колчеданных м-ний
Улексит O	Триклинная, тонковолокнистый, спутанноволокнистый	Сов. по {010} и несов. по	Бесцветный, белый	2,5		Раствор. в горячей воде.  Плавится со вспучиванием	Ашарит, тонковолокнистые бораты	Бура, галит, глауберит, трона, мирабилит, колеманит	В бороносных соляных залежах морского и озерного происхождения
* Клинохлор (Mg, Fe <sup>2+</sup> ) <sub>5</sub> Al × ×[AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ] × ×(OH) <sub>8</sub>	Моноклинная, таблитчатый, пластинчатый, листоватый, чешуйчатый	В. сов. по {001} в одном направл	Белый, серый (лейхтенбергит), зеленый, фиолетовый (кеммеририт)	2,5		Раствор. при кипячении в  Окраска, спайность, чешуйки не упругие	Хлориты, мусковит	Магнетит, перовскит, гранат, эпидот, везувиан, титанит	В метаморфических породах фации зеленых сланцев, скарнах, в измененных ультраосновных породах

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}] \times (OH, F)_2$	Моноклиная, короткостолбчатые кристаллы, листоватые, чешуйчатые агрегаты (серицит)	В. сов. по {001} в одном направл, несов. по {110} и {010}	Бесцветный, белый, зеленый, изумрудно-зеленый (фуксит)	2,5-3		В кислотах не раствор. Ассоциация	Лепидолит, циннвальдит, парагонит	Кварц, полевые шпаты, хлорит, доломит	Кислые изверженные и метаморфические породы, пегматиты, грейзены
* Парагонит	Моноклиная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Бесцветный, белый, зеленовато-белый	2,5-3		В кислотах не раствор	Мусковит	Роговая обманка, альмандин, плагиоклазы, кианит	Метаморфические породы богатые Na
* Лепидолит $K(Li, Al)_3 \times [AlSi_3O_{10}] \times (F, OH)_2$	Моноклиная, таблитчатые, чешуйчатые, скорлуповатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Белый, розовато-фиолетовый, персиково-красный	2-3 до 4		В кислотах не раствор. Цвет, характер ассоциации	Мусковит	Сподумен, петалит, альбит, рубеллит, флюорит, топаз	Гранитные пегматиты и грейзены
* Судоит (рипидолит, прохлорит)	Моноклиная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001}, в одном направл	Белый, бледно-зеленый, зеленый	2-3		Частично разлагается кислотами. Цвет, спайность, ассоциация, гибкость	Клинохлор	Эпидот, альбит, актинолит, кварц, рутил, титанит	Зеленокаменные породы. Жилы альпийского типа
X Гидроборацит $CaMgB_6O_8 \times (OH)_6 \times 3H_2O$	Моноклиная, игольчатый, спутанно-волоконистый	Сов. по {010}. Неровный, занозистый	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый	2,5-3		Легко раствор. в кислотах Форма выд., ассоциация	Улексит	Колеманит, иньбит, индерит, улексит, кальцит	В бороносных соляных залежах озерного и морского происхождения

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Виллиомит	Кубическая, зернистые агрегаты	Сов. по {100} в трех направл. Раковистый, неровный	Карминово-красный, темно-вишневый	2-0,2		Легко раствор. в воде. Цвет, спайность, ассоциация	Флюорит	Эвколит, астрофиллит, содалит, ловчоррит, полевой шпат	Щелочные породы и их пегматиты
X Тенардит $\text{Na}_2(\text{SO}_4)$	Ромбическая, дипирамидальный, пинакоидальный, зернистый, выцветы	Сов. по {010}, ясная по {101}	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый	2,5-3		Легко раствор. в воде. Вкус горько-соленый (глауберова соль)	Мирабилит, эпсомит	Мирабилит, глауберит, эпсомит, гипс, сода, галит	В озерных отложениях засушливых областей и отложениях фумарол
X Полигалит O	Триклинная, таблитчатый, шестоватый, волокнистый	Средняя по {110}	Бесцветный, белый, розовато-красный, кирпично-красный	2,5-3,5		Раствор. в воде с выд. гипса и сингенита	Пикромерит	Галит, гипс, ангидрит, карналлит	В соляных железах и вулканических продуктах
* Амезит $\text{Mg}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_5]\times$	Триклинная, Пластинчатые и чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Белый, бледно-зеленый, фиолетовый (хром-амезит)	2,5-3		Медленно раствор. в HCl. Спайность, форма выд., ассоциация	Клинохлор	Диаспор, рутил, магнетит, лейкоксен, миллерит	Измененные ультраосновные породы и метаморфические м-ния наждака
Иниоит O	Моноклинная, толсто-таблитчатый, зернистый	Сов. по {001} и {010}	Бесцветный, белый	2,5-3		Раствор. в горячей воде	Колеманит, гипс	Гипс, колеманит, гидроборатит, улескит, курнаковит	В бороносных соляных залежах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Англезит Pb(SO <sub>4</sub> )	Ромбическая, призматический, бипирамидальный, зернистый, натечный	Сов. по {001}, ясная по {210}	Бесцветный, белый, желтоватый, коричневатый	2,5-3		Медленно раствор. в Парагенезис	Церуссит	Церуссит, галенит, лимонит, малахит, азурит	Зона окисления свинцовых м-ний
Циннвальдит KLiFe <sup>2+</sup> Al× ×[AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ] × ×(F,OH) <sub>2</sub>	Моноклиная, листовая-тые, чешуй-чатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Серый, буровато- или зеленовато-серый	2,5-3,5		В кислотах не раствор. Цвет. Тип ассоциации	Мусковит, лепидолит	Вольфрамит, шеелит, топаз, флюорит, турмалин, кварц	Грейзены и олово-вольфрамовые кварцевые жилы
				<b>4.3 Черта Твер</b>					
X Ссайбелиит (ашарит) ×(OH)	Моноклиная, спутанно-волокнистый, землистый	Сов. по Неровный, раковистый	Белый, сероватый, желтоватый	3		Медленно раствор. в кислотах. Форма выд., ассоциация	Гидроборацит	Улексит, гидроборацит, пандермит, гипс	Скарны, хемогенные бороносные залежи, серпентинит
X Ньюберит O	Ромбическая, призматический, порошковатый, землистый	Сов. по	Бесцветный, белый, серый, голубой, розовый	3		Легко раствор. в HCl	Брушит	Грейгит, аллофан, брушит	В отложениях гуано и ископаемых бивнях мамонтов
* Кальцит Ca(CO <sub>3</sub> )	Тригональная, хорошо образованные кристаллы, сталактиты, зернистые агрегаты	С Раковистый В .	Бесцветный, белый, серый, голубой, розовый	3		Легко раствор. в кислотах с выд. CO <sub>2</sub> . Штриховка полисинтетического двойникования	Арагонит	Кварц, доломит, флюорит, барит, сульфиды и арсениды	Карбонатные, кварц-карбонатные жилы, метаморфические и осадочные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витерит $Ba(CO_3)$	Ромбическая, дипирамидаль- ный, зернистый	Ясная по {010}, несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, белый, серый, желтый	3-3,5		Раствор. в кислотах.  Имеет высокую плотность	Стронциа- нит	Барит, галенит, кальцит, сфалерит	В гидротер- мальных барит- витеритовых жилах
* Целестин	Ромбическая, Чечевице- образные крис- таллы, пластинчато- волоконистые прожилки, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {210} в трех нап- равл. Неровный	Бледно-голу- бой, голубо- ваго-серый, белый, красный	3-3,5		Слабо раствор. в кислотах.  Голубая окраска, форма выд., спайность	Барит	Доломит, гипс, стронциа- нит, галит, галенит, сфалерит	Хемогенные осадочные толщи эвапоритов и кварцевые жилы
* Барит $Ba(SO_4)$	Ромбическая, пластинчатые и зернистые аг- регаты, сфери- ческие конк- реции	Сов. по {001} и {210} в трех нап- равл. Неровный	Бесцветный, белый, голу- боватый, светло- сиреневый	3-3,5		В кислотах не раствор.  Форма кристаллов. Спайность, твердость, плотность	Целестин, ангидрит	Флюорит, кальцит, кварц, галенит, сфалерит, витерит	Гидротермальные жилы, желваки и конкреции осадочных пород
* Ангидрит $Ca(SO_4)$	Ромбическая, хорошо обра- зованные крис- таллы, зерни- стые агрегаты	Сов. по {001} в трех нап- равл. Неровный	Бесцветный, белый, голу- боватый, светло- сиреневый	3,5		Раствор. в кислотах.  Спайность, отсутствие реакции на $CO_2$	Гипс, карбонаты	Гипс, кальцит, доломит, пирит и другие сульфиды	Хемогенные оса- дочные породы, гидротермаль- ные жилы, кол- чеданные и скарновые м-ния
X Кизерит $Mg(SO_4) \times H_2O$	Моноклинная, бипирамидаль- ный, зернистый, выцветы	Сов. по {111} и {110}. Неровный	Бесцветный, белый, желтый	3,5		Раствор. в воде	Эпсомит, ссомольно- кит	Эпсомит, госларит, лимонит	В соляных зале- жах и зоне окис- ления колчедан- ных м-ний

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Бемит AlO(OH)	Ромбическая, Скрытокри- сталлические, землистые, фарфоровид- ные агрегаты	Сов. по  Неровный до ракови- стого, ино- гда мелко- заноистый	Бесцветный, белый, желтый	3,5- 4,0		В кислотах не раствор. Ассоциация, форма выд., спайность	Гиббсит	Гиббсит, диаспор, каолинит, гидроокис- лы Fe	Бокситы и продукты изменения фельдшпатоидов и натролита в щелочных пегматитах
* Арагонит Ca(CO <sub>3</sub> )	Ромбическая, игольчатые и зернистые плотные агре- гаты. Корки, натёки	Ясная по  Неровный	Бесцветный, белый, желтоватый, серый	3,5- 4,0		Раствор. в кислотах с выд.  Форма кристаллов, ассоциация	Кальцит, доломит	Кальцит, магнезит, опал, лимонит	Хемогенные и биогенные осадки, кора выветривания ультраосновных пород
* Доломит CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Тригональная, грубозерни- стые, тонкозер- нистые агрега- ты	С о Неровный .	Бесцветный, белый, желтый, буроватый	3,5- 4,0		Медленно раствор. в HCl. Характер двойникова- ния, ассоциа- ция, спайность	Кальцит, магнезит	Сидерит, кальцит, кварц, ар- сениды, Со и Ni, магнезит	Хемогенные осадочные поро- ды, кварц-карбо- натные жилы и измененные ультраосновные породы
* Анкерит Ca(Mg, Fe)× ×(CO <sub>2</sub> )	Тригональная, ромбоздричес- кий, зернистый	С о в .	Бесцветный, белый, желтоватый, бурый	3,5- 4,0		Слабо раствор. в холодной	Доломит, сидерит	Кварц, до- ломит, си- дерит, гема- тит, пирит, галенит, сфалерит	В карбонатах, гидротермаль- ных, полиметал- лических м-ниях и кварц-карбо- натных жилах
X Алунит K Al <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> × ×(OH) <sub>6</sub>	Тригональная, мелкозерни- стые, скрыто- кристалличес- кие плотные агрегаты	Сов. по  Неровный	Белый, желтоватый, серый	3,5- 4,0		Медленно раствор. в раз- бавленной  Точная диаг- ностика осу- ществляется оптически	Каолинит, зуниит	Гиббсит, каолинит, гипс, кварц, галлуазит	Измененные вулканогенные породы, зона гипергенеза осадочных толщ

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лангбейнит $Mg(SO_4) \times K_2(SO_4)$	Кубическая, почковидный, зернистый	Раковистый	Бесцветный, желтоватый, розоватый, серый	3,5-4,0		Очень медленно раствор. в воде	Каинит	Галит, сильвин, карналлит, тенардит	Морские соляные отложения
X Вавеллит O	Ромбическая, призматический, радиально-волоконистый, опаловидный	Сов. по {110} и {010}. Неровный	Бледно-зеленый, зеленый, желтый, бурый, голубой, белый	3,5-4,0		Легко раствор. в кислотах	Варисцит	Апатит, марказит, воксит, варисцит	В бокситах, углисто-кремнистых сланцах, лимонитах, кварцевых жилах
* Стильбит (десмин) O	Моноклинная, пластинчатый, сноповидный, радиально-лучистый	Сов. по {010}, ясная по {100}	Белый, желтоватый, красноватый	3,5-4,0		Раствор. в HCl с выд. порошкового $SiO_2$ . Наиболее распространен	Цеолиты	Эпидот, натролит, гейландит, ломонтит, кальцит	В пустотах траппов и других эффузивов, рудных жилах, скарнах, сланцах
* Гейландит $\times Si_{2+x}O_8]_{2 \times} \times 5H_2O$	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	Сов. по {010} в одном направл	Бесцветный, белый, розоватый, красно-коричневый	3,5-4,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Клиноптилолит	Кварц, кальцит, стильбит, гранат, аксинит	В пустотах основных эффузивов, скарнах, жилах альпийского типа
* Скородит $Fe(AsO_4) \times 2H_2O$	Ромбическая, плотные, шлакоподобные массы, корки, желваки, землистые скопления	Несов. по Раковистый, неровный	Серовато-зеленый, яблочно-зеленый, буровато-серый	3,5-4,0		Раствор. в HCl. Вторичный по арсенопириту Окраска, приуроченность к зоне окисления сульфоарсенидов	Мансфильдит, халькосидерит	Фармакосидерит, бедантит, вивианит, лимонит, гипс	Зона окисления сульфидных м-ний

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Сидерит	Тригональная, зернистые и землистые агрегаты. Оолиты, конкреции	С Неровный . . п о } в трех	Желтовато-серый, горохово-желтый, желтовато-бурый	3,5-4,5		Раствор. в HCl с выд. CO <sub>2</sub> .  Цвет, спайность, твердость	Анкерит	Доломит, лимонит, пирротин, марказит, кварц	Хемогенные осадочные породы и кварц-карбонатные жилы
* Родохрозит	Тригональная, зернистые агрегаты	С Неровный . . п о в трех направл	Розовый, темно-красный, желтовато-серый	3,5-4,5		Раствор. в HCl с выд. CO <sub>2</sub> .  Твердость, пленка гидроокислов и окислов Mn	Родонит, кальцит	Кварц, арсенопирит, сфалерит, галенит, родонит, спессартин	Гидротермальные жилы, контактово-метаморфические мения и осадочные толщи
*Маргарит CaAl <sub>2</sub> × × [Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> ]×	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	Сов. по {001} в одном направл. Неровный	Жемчужно-белый с сероватым, розоватым, желтоватым оттенками	3,5-4,5		С трудом раствор. в Парагенезис, блеск, твердость	Клинтонит	Парагонит, хлоритоид, графит, эпидот, наждак, диаспор	Кристаллические сланцы, наждаки и слюдиты
* Флюорит	Кубическая, зернистые и землистые (ратовкит) агрегаты	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый, неровный	Бесцветный, зеленый, фиолетовый, голубой, синевато-черный	4,0		Раствор. в концентрированной H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> с выд. HF.  Отсутствие реакции на CO <sub>2</sub>	Криолит, карбонаты	Кварц, берилл, турмалин, касситерит, вольфрамит, топаз, халцедон	Грейзены, скарны, гидротермальные и пегматитовые жилы



## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Магнезит $Mg(CO_3)$	Тригональная, зернистые, фарфоровидные, мелоподобные агрегаты	Сов. по в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, желтый, серый	4,0-4,5		Раствор. в HCl при нагревании с выд. $CO_2$ . Форма выд.	Кальцит, доломит	Опал, арагонит, лимонит, доломит, кальцит, барит	Коры выветривания ультраосновных пород и гидротермально-метаморфические залежи
X Бастнезит $Ce, La)(CO_3)F$	Гексагональная, таблитчатый, зернистый	Несов. по {0001}, часто отдельность	Желтый до красно-коричневого	4,0-4,5		Раствор. в крепких кислотах при нагревании	Паризит, синхизит	Альбит, эгирин, титанит, циркон, ортит, барит, кальцит	В фенитах и щелочных пегматитах, карбонатных жилах
Колеманит $Ca_2(Ba_2O_{11}) \times 5H_2O$	Моноклиная, изометричный, призматический, зернистый, шестоватый	Сов. по 010} в одном направл. Неровный раковистый	Бесцветный, белый, серый	4,5		Раствор. в HCl	Индеборит, иньоит	Гидроборацит, иньоит, уллексит, ашарит, карналлит, бишофит	Лагунные отложения солей и диапировые купола
Варисцит $Al(PO_4) \times 2H_2O$	Ромбическая, дипирамидальный, зернистый	Сов по {010} в одном направл. Неровный	Бледно-зеленый, голубовато-зеленый до бесцветного	4,5		Раствор. в кислотах при нагревании	Вавеллит, штрэнгит	Вавеллит, крандаллит, апатит, халцедон, лимонит	В корах выветривания пород богатых алюминием
Хлорапатит $Ca_5(PO_4)_3(Cl, F)$	Моноклинный, псевдогексагональный, призматический, зернистый	Несов. по {001}	Бесцветный, белый	4,5-5,0		Раствор. в кислотах	Фтор-apatит	Диопсид, андрадит, магнетит, эпидот	Некоторые основные интрузивные породы и контактово-метасоматические м-ния

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Ксенотим	Тетрагональная, зернистые агрегаты	Сов. по {100} в двух направл. Раковистый	Желтовато-бурый, красный, серый	4,0-5,0		Раствор. в HCl при нагревании с выд. CO <sub>2</sub> . Форма выд	Кальцит, доломит	Опал, арагонит, лимонит, доломит, кальцит, барит	Коры выветривания ультраосновных пород и гидротермально-метаморфические залежи
* Шабазит (Na. Ca)[Al× ×Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	Тригональная, ромбоэдрический, зернистый	Ясная по Раковистый	Бесцветный, белый с красноватым или буроватым оттенком	4,0-5,0		Раствор. в крепких кислотах при нагревании	Паризит, синхизит	Альбит, эгирин, титанит, циркон, ортит, барит, кальцит	В фенитах и щелочных пегматитах, карбонатитах, карбонатных жилах
X Смитсонит	Тригональная, скорлуповатые, почковидные, натечные выделения	Сов. по Неровный	Белый, желтовато-коричневый, зеленый, голубой	4,0-4,5		Раствор. в HCl	Индеборит, иньоит	Гидроборацит, иньоит, улесит, ашарит, карналлит, бишофит	Лагунные отложения солей и диапировые купола
* Фторапофиллит O Гидроксилпофиллит KCa <sub>4</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ] <sub>2</sub> × O	Тетрагональная, дипирамидальный, призматический, шестоватый	Сов. по {001} в одном направл. Раковистый	Бесцветный, белый, розовый, красный, зеленый	4,5-5,0		Раствор. в кислотах при нагревании	Вавеллит, штрэнгит	Вавеллит, крадаллит, апатит, халцедон, лимонит	В корях выветривания пород богатых алюминием
* Волластонит	Триклинная шестоватые, радиально-лучистые, тонковолокнистые, листоватые агрегаты	Сов. по {100}, средняя по Неровный	Белый, сероватый, желтоватый	4,5-5,0		Раствор. в кислотах	Фтор-apatит	Диопсид, андрадит, магнетит, эпидот	Некоторые основные интрузивные породы и контактово-метасоматические м-ния

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Пектолит	Триклинная призматический, шестоватый, волокнистый	Сов. по {100} и {001} в двух нап-равл	Белый, светло-серый, бледно-розовый	4,5-5,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Волластонит	Кальцит, цеолиты	В миндалинах и трещинах эффузивных пород
* Фторапатит (апатит)	Гексагональная, призматические и пластинчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Ясная по Раковистый, неровный	Бесцветный, белый, желтый, синий, фиолетовый, розовый	5,0		Раствор. в кислотах. Форма кристаллов, твердость	Берилл	Нефелин, эгирин, титанит, скаполит, форстерит, магнетит	Кислые и щелочные породы, карбонатиты и пегматиты
* Карбонат-фторапатит F	Ромбическая, пластинчатый, шестоватый, волокнистый	Сов. по {110} в двух направл. Неровный раковистый	Бесцветный, голубой, зеленый, серый, бурый до черного	3,5-5,0		Раствор. в HCl с выд. CO <sub>2</sub> . Форма выдел	Фторапатит, хлорапатит	Монтмориллонит, каолинит, кварц, кальцит	В терригенных и хемогенных осадочных породах
Гемиморфит (каламин) O	Тетрагональный, призматический, зернистый	Сов по {110} и раковистый	Бесцветный, белый	5,0		После прокаливании легко раствор. в кислотах с выд. студенистого SiO <sub>2</sub>	Смитсонит	Смитсонит, виллемит, цинкит, малахит и др.	В зоне окисления полиметаллических м-ний
X Селлаит MgF <sub>2</sub>				5,0		Раствор. в конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Относительно редок	Флюорит	Ангидрит, гипс, флюорит, молибденит, касситерит, флогопит	В кварцевых жилах, фумаролах, доломитах и мраморах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Клинтонит (ксантофиллит) $Al_4O_{10} (OH)_2$	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	Сов по {001} в одном направл	Бледно-зеленый, желтовато- зеленый, белый	5,0		В кислотах не раствор	Маргарит	Диопсид, хондродит, гуммит, каль- цит, апатит	В магнезиаль- ных скарнах богатых алюминием
*Анальцим $Na[AlSi_2O_6] \times$ $\times H_2O$	Кубическая, тетрагонтри- октаэдричес- кий, зернистый	Несов. по {100}. Неровный	Бесцветный, белый, розовый	4,5- 5,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Лейцит	Кальцит, натролит, нефелин	В щелочных магматических породах, мин- далинах основ- ных эффузивов
* Вишневит $6Na[AlSiO_4] \times$ $\times Ca(SO_4)2H_2O$	Гексагональ- ная, зернистые агрегаты, реак- ционные кай- мы и псевдо- морфозы по нефелину	Сов. по } в трех нап-равл. Неровный, раковистый	Светло-голу-бой до голу-бовато- синего	5,0		Легко раствор. в HCl с выд. студенистого	Содалит, лазурит	Нефелин, полевые шпаты, эги- рин, циркон, титанит	Позднемагма- тический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах
<b>4.3. Черта</b>									
<b>Тверд</b>									
X Датолит	Моноклинная, призматичес- кий, зернистый, плотный	Ясная по {100}. Неровный	Бесцветный, белый, голу- бовато-зеле-ный, желтовато- зеленый	5,0- 5,5		Раствор. в HCl с выд. студени- стого $SiO_2$ . Окрашивает пламя в желто- вато-зеленый цвет	Кварц, топаз, андалузит	Цеолиты, пренит, каль- цит, кварц, аксинит, гра- нат, волласто- тонит, данбурит	Жилы альпийского типа, контактово- метасоматичес- кие м-ния
* Канкринит $6Na[AlSiO_4] \times$ $\times Ca(CO_3)2H_2O$	Гексагональ- ная, зернистые агрегаты, реакционные каймы по нефелину	Сов. по } в трех нап-равл. Неровный	Белый, серый, желтый, крас- новатый	5,0- 5,5		Раствор. в HCl с выд. $CO_2$ и студенистого Спайность, окраска	Нефелин, ортоклаз, микроклин	Нефелин, альбит, титанит, циркон, эгирин	Позднемагма- тический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
# Монацит (Ce,La,Nd) × ×(PO <sub>4</sub> )	Моноклинная, таблитчатые кристаллы, реже зернистые агрегаты	Сов. по {100}, отдельность по {001}. Раковистый	Желтый, красно- ко-ричневый, коричне-вый, иногда белый	5,0- 5,5		С трудом раз- лагается кисло- тами. Форма кристаллов, твердость, плотность	Ксено-им, титанит	Ксенотим, алланит, уранинит, циртолит, биотит, молибденит	Акцессорный минерал грани- тов, пегматитов, фенитов, грейзе- нов, гнейсов и жил альпий- ского типа
Эвдиалит Na <sub>4</sub> (Ca,Ce) <sub>2</sub> × ×FeZr[Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> ]× ×(OH, Cl) <sub>2</sub>	Тригональная, ромбоздричес- кий, таблитчатый, зернистый	Неровный, раковистый	Красный, малиново- красный, вишнево- красный	5,0- 5,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Гранаты	Апатит, био- тит, магне- тит, титанит, эгирин, поле- вые шпаты	Нефелиновые сиениты и их пегматиты
* Натролит O	Ромбическая, призматичес- кие до игольча- тых кристаллы; шестоватые,ра- диально лучис- тые агрегаты	Сов. по{110} в двух направл. Неровный, раковистый	Бесцветный, белый, желтый, красный	5,0- 5,5		Легко раствор. в HCl с выд. студенистого	Томсонит	Анальцим, шабазит, сколецит, гейландит	Постмагмати- ческий минерал щелочных по- род, их пегмати- тов; гидротер- мальный в жи- лах и миндали- нах эффузивов
Гаюин Na <sub>6</sub> Ca <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>6</sub> × ×(SO) <sub>2</sub>	Кубическая, додэкаэдричес- кий, октаэдрически й, зернистый	Несов. по {110}	Ярко-синий, голубой, зеленовато- синий, белый	5,0- 5,5		Раствор. в HCl с выд. геля , добавление –осадок BaSO <sub>4</sub>	Содалит, лазурит, вишневит	Санидин, лейцит, нефелин, титанит	В вулканичес- ких щелочных породах
* Титанит (сфен) O	Моноклинная, конвер- тообразные кристаллы; зернистые агрегаты	Сов. по  Неровный до занозистого	Желтый, коричневый до черного, изумрудно- зеленый, белый	5,0- 6,0		Раствор. в  Форма кристаллов, окраска, спайность	Циркон, гранаты	Нефелин, канкринит, циркон, биотит, апатит, флогопит, диопсид	Первичный ми- нерал щелочных пород и грани- тов; встречается в скарнах, гней- сах, жилах аль- пийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виллемит $Zn_2[SiO_4]$	Тригональная, призматический	Несов. по {0001} и Раковистый	Бесцветный, белый, желтоватый, розоватый	5,0-6,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Гемиморфит	Кварц, гентгельвин, ганит, циркон, фенакит, сфалерит	В зоне окисления полиметаллических м-ний, скарнах и кварцевых жилах
Бирюза $CuAl_6(PO_4) \times (OH)_8 \times 4H_2O$	Триклинная, плотные тонкозернистые агрегаты	Сов. по Мелкораконистый	Голубой, синевато-зеленый	5,0-6,0		С трудом раствор. в HCl. Окраска и форма выд	Халькоцидерит	Вавеллит, амблигонит, халцедон, каолинит, гетит	Кора выветривания фосфатсодержащих осадочных и вулканических горных пород
* Антофиллит	Ромбическая, лучистые, радиально-сноповидные, шестоватые, волокнистые (асбест) агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. Неровный	Бесцветный, серовато-зеленый, зеленовато-бурый	5,5-6,0		В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от хризотил-асбеста по ассоциации	Тремолит, жед-рит	Энстатит, тальк, кордиерит, паргасит, плагиоклаз	Метаморфизованные ультрабазиты, магнезиальные скарны, регионально метаморфизованные породы
Куммингтонит	Моноклинная, волокнистый, зернистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом	Белый, светло-зеленый, серый, бурый	5,5-6,0		В кислотах не раствор	Антофиллит, тремолит	Стильпномелан, грюнерит, анкерит, ильменит, кварц	В контактово и регионально-метаморфизованных породах
X Рихтерит $[Si_8O_{22}] (OH)_2$	Моноклинная, призматический, зернистый, волокнистый	Сов. по } в двух направл. под углом	Желтый, бурый, буровато-красный, светло-зеленый	5,0-6,0		В кислотах не раствор. Мало распространен	Актинолит, тремолит, жедрит	Кальцит, магнетит, доломит, флогопит, актинолит, хлорит, титанит	В метаморфизованных карбонатных породах, гидротермально-измененных породах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Тремолит	Моноклинная, шестоватые, волокнистые агрегаты, иногда призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. Плоскоравновистый (нефрит)	Бесцветный, белый, светло-серый, светло-зеленый	5,5-6,0		В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от эпидота по спайности	Антофиллит, жедрит	Диопсид, форстерит, флогопит, скаполит, кварц, серпентин	Метаморфические и метасоматические породы, образовавшиеся по карбонатным и ультраосновным породам
Нозеан $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6 \times (\text{SO}_4)$	Кубическая, зернистый	Несов. по {110}	Серый, синий, белый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. геля, добавление —осадок	Содалит, лазурит, гаюин	Санидин, слюда, титанит	В вулканических щелочных породах
* Содалит	Кубическая, Зернистые агрегаты, псевдоморфозы по нефелину, ромбодекаэдрические кристаллы	Ясная по Неровный	Синий, се-рый, зеленоватый, розовый (гакманит)	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого  Спайность, окраска, ассоциация	Вишневит, лазурит, гаюин	Нефелин, канкринит, эгирин, микроклин, титанит, апатит	Щелочные породы и их пегматиты
* Лейцит	Тетрагональная, тетрагонтриоктаэдрические кристаллы, реже зернистые агрегаты	Отсутствует. Раковистый	Бесцветный, белый, серый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. порошкового $\text{SiO}_2$ .  Форма выд. и условия нахождения	Анальцим	Ортоклаз, нефелин, санидин	Молодые щелочные эффузивные породы
* Нефелин $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	Гексагональная, вкрапленники, зернистые массы; реже короткопризматические кристаллы	Несов. по Неровный	Желтый, красный, зеленый, бесцветный	5,5-6,0		Легко раствор. в кислотах с выд. геля $\text{SiO}_2$	Канкринит, кальсилит	Полевые шпаты, аннит, арфведсонит, эгирин, титанит, апатит	Щелочные магматические горные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Мариалит $\text{Na}_4[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_3\text{Cl}$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты	Сов. по {100}, несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, белый, серый, желтоватый	5,5-6,0		В кислотах практически не раствор.  Форма кристаллов, спайность, ассоциация	Мейонит, полевые шпаты	Диопсид, плагиоклаз, флогопит, апатит, волластонит	Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния
Мейонит $\text{Ca}_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]_3 \times$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты	Сов. по {100}, несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, серый, фиолетовый (глауколит), грязно-зеленый, бурый	5,5-6,0		Частично раствор. в HCl с выд. геля $\text{SiO}_2$ . Форма кристаллов, спайность, ассоциация	Мариа-лит, полевые шпаты	Флогопит, диопсид, апатит, кальцит, эпидот, гранат	Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния
Амблигонит $\text{LiAl}(\text{PO}_4)\text{F}$	Триклинная, зернистый	Сов. по несов. по {110}. Неровный	Белый, кремово-белый, желтовато-белый	5,5-6,0		С трудом раствор. в кислотах. Окрашивает пламя в красный цвет	Монтебразит, сподумен	Сподумен, литиофиллит, апатит, лепидоолит, петалит, поллуцит	В гранитных пегматитах богатых литием
X Мелилит  промежуточный член ряда окерманит-геленит)	Тетрагональная, призматический, зернистый	Сов. по {100}, несов. по {110}. Неровный	Белый, бледно-желтый, зеленовато-желтый, розовый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. геля	Хондродит, гумит	Форстерит, диопсид, шпинель, паргасит, флогопит, кальцит	Щелочные ультраосновные породы, контакты основных пород и известняков
X Клиногумит	Моноклиная, изометричный, зернистый	Несов. по {001}. Неровный, раковистый	Желтый, желтовато-серый, красно-коричневый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. геля	Хондродит, гумит	Форстерит, диопсид, шпинель, паргасит, флогопит, кальцит	Магнезиальные скарны, кальцефиры и пегматиты

Продолжение таблицы 4



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Диопсид	Моноклинная, зернистые, шестоватые и радиально-лучистые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под угл 88°, отдельность {100}. Неровный	Светло-зеленый, серо-фиолетовый, розовый, белый.  Белая до бледно-зеленой	5,5-6,0		Слабо раствор. в HCl.  Форма кристаллов и окраска	Геденбергит, гиперстен	Кальцит, флогопит, апатит, магнетит, клинохлор, шпинель	Породообразующий минерал магматических пород, их пегматитов, метаморфических пород, скарнов
* Опал	Аморфный; плотный, натечный	Аморфный; плотный, натечный	Отсутствует. Раковистый	5,5-6,5		Раствор. в HF. Форма выд. и условия нахождения	Аллофан	Магнезит, арагонит, нонтронит	Кора выветривания ультраосновных пород, в миндалинах эффузивов среднего и кислого состава
* Родонит	Триклинная, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Сов. по {100}, {010} и  Неровный	Розовый, ярко-красный и коричнево-красный	5,5-6,5		Раствор. в HCl выд. порошкового SiO <sub>2</sub> . Окраска, спайность, твердость и ассоциация	Родохрозит, пироксмангит	Тефроит, спессартин, пироксмангит, гиалофан, алабандин	Метаморфические горные породы и скарны
* Жедрит (Mg,Fe <sup>+2</sup> ) <sub>5</sub> Al <sub>2</sub> × [(Al,Si) <sub>2</sub> × Si <sub>6</sub> O <sub>22</sub> ] (OH) <sub>2</sub>	Ромбическая, призматический, шестоватый, волокнистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°	Буровато-коричневый, зеленовато-коричневый, желтовато-серый	6,0		В кислотах не раствор. Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность	Микроклин, плагиоклазы	Кварц, слюды, силлиманит, ставролит, алмадин	Породообразующий в кислых и щелочных изверженных породах, их пегматитах и метаморфических породах
* Ортоклаз	Моноклинная, призматические кристаллы зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом 90°. Неровный	Серый, желтоватый, красноватый; иризирует (лунный камень)	6,0		В кислотах не раствор. Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность	Микроклин, плагиоклазы	Кварц, слюды, силлиманит, ставролит, алмадин	Породообразующий в кислых и щелочных изверженных породах, их пегматитах и метаморфических породах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Микроклин	Триклинная, зернистые агрегаты и призматические кристаллы	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом  Неровный	Серо-желтый, красный, зеленый (амазонит); иризирует (лунный камень)	6,0		В кислотах не раствор.  Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность	Ортоклаз, плагиоклазы	Ортоклаз, плагиоклазы	В кислых и щелочных изверженных породах и их пегматитах
Плагиоклазы: непрерывный ряд твердых растворов от * альбита до * анортита	Триклинная, призматические и пластинчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом  Неровный	Бесцветный, белый, зеленоватый, серый	6,0		Богатые анортитовой молекулой раствор. в HCl с выд. геля  Окраска, полисинтетическое двойникование  Ассоциация	Ортоклаз, мейонит, мариалит	Кварц, слюды, микроклин, пироксены, амфиболы	Породообразующий в изверженных породах, их пегматитах, метаморфических породах, жилах альпийского типа
* Цоизит $Ca_2Al_3[SiO_4] \times [Si_2O_7]O(OH)$	Ромбическая, призматические кристаллы и зернистые агрегаты	Сов. по {100} и несов. по  Неровный	Белый, серый, зеленоватый, розовый (тулит), голубой (танзанит)	6,0		Раствор. в HCl после прокаливания с выд. геля SiO <sub>2</sub> . Окраска	Клиноцоизит, эпидот	Альбит, эпидот, кальцит, серицит, кварц, рутил	Метаморфизованные основные породы и кварцевые жилы
* Энстатит	Ромбическая, Призматические кристаллы и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Белый, серый, желтоватый, зеленоватый, оливково-зеленый, бурый	6,0		В кислотах не раствор.  Окраска, спайность, ассоциация	Диопсид, бронзит	Кианит, оливин, шпинель, флогопит, антофиллит	Породообразующий ультраосновных и основных магматических пород и кимберлитов

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Петалит	Моноклинная, призматический, зернистый, плотный	Сов. по {001}, несов, по {201}. Неровный	Бесцветный, белый, серый, розовый	6,0		В кислотах не раствор	Диопсид, бронзит	Лепидолит, сподумен, амблигонит, альбит, кварц, титанит	Литиевые пегматиты
* Кианит $Al_2[SiO_4]O$	Триклинная, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {100}, ясная по {010}. Занозистый	Голубой, синий, серый, белый, зеленый, желтый	4,5-7,0		В кислотах не раствор. Окраска, форма выд., спайность	Силлиманит	Кварц, мусковит, хлоритоид, ставролит, альбит	Породообразующий в метаморфических породах и кварцевых жилах
* Пренит $Ca_2Al[AlSi_3O_{10}] \times (OH)_2$	Ромбическая, призматический, пластинчатый, корки, радиально пластинчатый	Сов. по {001}. Неровный	Зеленоватый, белый, серый, желтый	6,0-6,5		Медленно раствор. в HCl	Халцедон, цеолиты	Кварц, диопсид, гроссуляр, цеолиты, халцедон, кальцит	В метаморфизованных основных породах и скарнах
X Хондродит	Моноклинная, изометричный, зернистый	Несов. по {001}. Раковистый	Медовый, желтый, коричневый	6,0-6,5		Раствор. в HCl с выд. геля	Гумит, клиногумит	Оливин, диопсид, шпинель, флогопит, магнетит	В магнезиальных скарнах и кальцефирах
X Гумит	Ромбическая, изометричный, боченковидный	Несов. по Раковистый	Желтый до коричневого	6,0-6,5		Раствор. в HCl с выд. геля Распространен менее хондродита и клиногумита	Хондродит, клиногумит	Оливин, флогопит, тремолит, шпинель, апатит	В магнезиальных скарнах, кальцефирах и бруситовых мраморах

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Жадеит $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Моноклинная, плотный, спутанно-волокнистый, реже зернистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом $88^\circ$ . Неровный	Бесцветный, белый, зеленый, серый	6,0-6,5		В кислотах не раствор.  Высокая прочность, форма выд., окраска	Нефрит, тремолит	Альбит, анальцит, натролит, тремолит, кварц, алмадин	В метаморфических и контактово-метасоматических м-ниях по гипербазитам
* Клиноцоизит	Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и несов. по  Неровный	Бесцветный, светло-серый, желтый, серовато-зеленый	6,5		После прокаливания раствор. в HCl с выд. студенистого $\text{SiO}_2$ .  Форма выд. и условия нахождения	Цоизит, эпидот	Альбит, кальцит, серицит, эпидот, пренит, титанит	Метаморфические основные породы и жилы альпийского типа
X Поллуцит O	Кубическая, Зернистый	Отсутствует. Раковистый	Бесцветный, белый	6,5		С трудом раствор. в HCl с выд. порошкового $\text{SiO}_2$ . Форма выд. и условия нахождения	Кварц, чкаловит	Петалит, альбит, кварц, лепидолит, амблигонит	Литиевые пегматиты
# Диаспор	Ромбическая, призматические кристаллы, пластинчатые и чешуйчатые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл	Бесцветный, белый, желтовато-бурый, серый, розовый	6,5-7,0		В кислотах не раствор.  Форма выд., спайность, ассоциация	Гиббсит	Пирофиллит, серицит, корунд, хлоритоид, зунит, андалузит	Вторичные кварциты, метаморфические породы, жилы альпийского типа
* Везувиан $\text{Ca}_{10}\text{Al}_4(\text{Mg},\text{Fe})_2 \times [\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7] \times$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые и сливные агрегаты	Несов. по {110} и  Неровный, раковистый	Зеленый, желтый, бурый, серый, черно-бурый, фиолетовый	6,5		После прокаливания раствор. в HCl с выд. геля $\text{SiO}_2$ . Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Гранаты, эпидот	Диопсид, гроссуляр, волластонит, эпидот, монтичеллит, флогопит, геленит	Скарны, родингиты, метасоматические породы по ультрабазитам, пегматиты и карбонатные жилы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3 \times$ $\times [\text{SiO}_4] \times$ $[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$	Моноклинная, призматичес- кие и таблит- чатые кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и несов. по  Неровный	Желтовато- зеленый, темно-зеленый (пушкунит), коричневый, черный	6,0- 7,0		После прока- ливания рас- твор. в HCl с выд. геля $\text{SiO}_2$ .  Окраска, спайность, ассоциация	Везувиан, гранаты	Альбит, гастингсит, андрадит, везувиан, скаполит	Метаморфиче- ские основные породы, скарны и жилы альпийского типа
* Силлиманит	Ромбическая, игольчатые кристаллы, волокнистые агрегаты (фибролит)	Сов. по  Неровный, занозистый	Бесцветный, белый, серый, бурый, зеленоватый	6,5- 7,5		В кислотах не раствор.  Форма выд. и условия нахождения	Кианит, тремолит	Андалузит, диаспор, корунд, кварц, кианит, ставролит, плаггиоклаз	Метаморфиче- ские породы, вторичные кварциты, пегматиты и жилы альпий- ского типа
* Форстерит $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$	Ромбическая, призматичес- кие и таблитча- тые кристаллы, зернистые агрегаты	Ясная по {100} и {010}. Неровный	Белый, желтоватый, зеленоватый, фиолетовый	6,5- 7,0		Раствор. в HCl с выд. геля  Форма выд., окраска, ассоциация	Апатит, пироксены, гумит	Диопсид, эн- статит, хро- мит, магне- тит, лабра- дор, перов- скит, флого- пит, пироп	Ультраоснов- ные породы, кимберлиты, базальты, маг- незиальные скарны
* Ферроаксинит $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2 \times$ $\times [\text{BSi}_4\text{O}_{15}](\text{OH})$	Триклинная, клиновидный, зернистый	Сов. по {100}, несов. по {001}, {110}. Неровный	Серо- фиолетовый, буро- фиолетовый	6,5- 7,0		В кислотах не раствор.	Серенди- бит, данбурит	Кварц, хлорит, эпидот, титанит, адуляр, датолит	Жилы в основ- ных породах, околоскарно- вая минерали- зация и жилы альпийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Манганаксинит $\times[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$	Триклинная, клиновидный, зернистый	Сов. по {100}, несов. по {001}, {110}. Неровный	Желтовато-бурый, зеленовато-бурый	6,5-7,0		В кислотах не раствор.	Тиценит	Кварц, барит, браунит, пиролюзит, бустамит, волластонит, гранат	Марганцевые метаморфические и скарновые м-ния
* Сподумен	Моноклиная, уплощенно-призматические кристаллы и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл., отдельность по {100} и Раковистый	Белый, серый, розовый (кунцит), зеленый (гидденит), желтый	6,5-7,0		Слабо раствор. в HCl. Пламя окрашивает в алый цвет (Li).  Форма выд., спайность, ассоциация	Микроклин, пироксены	Кварц, альбит, микроклин, лепидолит, эльбаит, поллуцит	Литиевые гранитные пегматиты
* Гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Кубическая, кристаллы простые формы {110} и {211}, зернистые до сливных агрегаты	Отсутствует, иногда отдельность по {110}. Раковистый, неровный	Белый, желтый, зеленый (цаворит-Cr), розовато-красный (гессонит)	6,5-7,0		В кислотах не раствор.  Форма кристаллов, твердость, окраска	Спессартин, везувиан	Диопсид, волластонит, титанит, даголит, везувиан, скаполит	Скарны, метаморфизованные известняки
* Андрадит	Кубическая, кристаллы простые формы {110} и {211}, зернистые до сливных агрегаты	Отсутствует. Раковистый, неровный	Желтовато-бурый, зеленый (демантоид), бурый до черного (шорломит)	6,5-7,5		После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля  Форма кристаллов, твердость, окраска	Везувиан, гроссуляр	Диопсид, геденбергит, эпидот, везувиан, актинолит	Скарны, кремнистые известняки, гидротермальные жилы в гипербазитах

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Андалузит	Ромбическая, зернистые и шестоватые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} по {100} до ясной. Неровный	Серый, желтый, бурый, розовый, красный, зеленый (виридин)	6,5-7,5		В кислотах не раствор.  Форма кристаллов, твердость, окраска	Кианит, кордиерит	Кордиерит, силлиманит, ставролит	Метаморфические породы, роговики, вторичные кварциты и жилы альпийского типа
* Халцедон (тонковолокнистая разновидность кварца)	Тонковолокнистые агрегаты, концентрически-полосчатый (агат), сталактиты	Отсутствует. Раковистый	Белый, серый, голубой, желтовато-красный (сердолик), зеленый (хризопраз)	6,5-7,0		Растворяется в  Форма выд., окраска, излом	Люссатин, кварцин	Кварц, кальцит, цеолиты	Миндалины эффузивных пород, кора выветривания гипербазитов, гидротермальные жилы
* Кристобалит (высокотемпературный)	Тетрагональная; скрытокристаллический, натечный	Неровный, раковистый	Бесцветный, белый	6,5-7,0		Растворяется в  Форма выд. и условия нахождения В кислотах не раствор	Тридимит, кварц	Тридимит, кальцит, цеолиты, опал	Эффузивные породы и кора выветривания гипербазитов
X Данбурит $\text{Ca}[\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	Ромбическая, призматический, зернистый	Несов. по {001}. Раковистый	Бесцветный, желтый, розовый, бурый	7,0			Топаз, кварц	Волластонит, геденбергит, датолит, аксинит, кварц	Скарны и гипсангидритовые толщи
* Эльбаит $\text{Na}(\text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6 \times \times [\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3 \times \times (\text{OH})_4$	Тригональная, зернистые, шестоватые агрегаты и призматические кристаллы	Несов. по 1} и {1120} Раковистый, неровный	Бесцветный (ахроит), красный, розовый (рубеллит), зеленый	7,0		В кислотах не раствор.  Сечение кристаллов, окраска, твердость	Дравит, корунд, шпинель	Альбит, лепидолит, петалит, берилл	Гранитные пегматиты богатые литием

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Кварц	Тригональная, зернистые и шестоватые агрегаты и призматические кристаллы	Н е Р а к о в и с т ы й  п о	Бесцветный, белый, дымчатый, желтый, розо-вый, фиоле-товый, чер-ный	7,0		Раствор. в HF.  Форма выд., твердость, окраска	Топаз, данбурит, нефелин, кордиерит	Полевые шпаты, слюды, сульфиды	Породообразующий в кислых изверженных породах, в пегматитовых, кварцевых жилах и жилах альпийского типа
X Увит $\text{CaMg}_4\text{Al}_5 \times (\text{BO}_3)_3 [\text{Si}_6\text{O}_{18}] \times (\text{OH})_4$	Тригональная, призматический, игольчатый, волокнистый	Несов, по $\bar{2}0$ } Раковистый	Голубовато-серый, синевато-черный	7,0		В кислотах не раствор.  Сечение кристаллов, окраска, твердость	Кордиерит, сапфирин	Флогопит, плагиоклаз, ортоклаз	В известковых скарнах, апокарбонатных грейзенах, метаморфических породах
<b>4.3. Черта Тверд</b>					<b>белая ость 7-9</b>				
* Дравит $\text{NaMg}_3\text{Al}_6 \times [\text{Si}_6\text{O}_{18}] \times (\text{BO}_3)_3 (\text{OH})_4$	Тригональная, зернистые, шестоватые, волокнистые агрегаты и призматические кристаллы	Н е с о в и с т ы й  п о и	Бесцветный (ахроит), бурый, зеленовато-бурый, травянисто-зеленый, синий	7,0- 7,5		В кислотах не раствор.  Сечение кристаллов, окраска, твердость	Везувиан, ставролит	Касситерит, кварц, полевой шпат, флюорит, доломит	Метаморфизованные или скарнированные карбонатные породы, метасоматиты по основным и ультраосновным породам
* Пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Кубическая, округлые зерна	Отсутствует. Раковистый, неровный	Огненно-красный, кроваво-красный, рубиновый, розовый	7,0- 7,5		В кислотах не раствор.  Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Альмандин, шпинель	Сапфирин, силлиманит, гиперстен, кордиерит	В эклогитах, кимберлитах, перидотитах и серпентинитах



## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Спессартин	Кубическая, кристаллы с простыми формами {110}, {211} и зернистые агрегаты	Отсутствует. Раковистый, неровный	Оранжево-красный, розовый, желтый, красно-коричневый	7,0-7,5		После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля  Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Гроссуляр, гумит	Шерл, мусковит, кварц, трифилин, апатит, альбит, родонит, тефрои	Пегматитовые жилы, метаморфизованные марганцевые м-ния
* Альмандин	Кубическая, зернистые до сливных агрегаты, кристаллы с простыми формами {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Красно-коричневый, темно-красный, фиолетово-красный	7,0-7,5		В кислотах не раствор. В п. п.тр. сплавляется в магнитный шарик.  Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Пироп	Силлиманит, кианит, ставролит, полевой шпат, биотит	Мусковитовые пегматиты, регионально метаморфизованные породы
Ставролит $FeAl_4[SiO_4]_2O_2 \times (OH)_2$	Ромбическая, призматические кристаллы, крестообразные двойники, зернистые агрегаты	Сов. по {010} и {100}. Неровный	Желтовато-коричневый до буровато-черного	7,0-7,5		В кислотах не раствор.  Форма кристаллов, твердость, ассоциация	Шерл, пироксены	Мусковит, кианит, силлиманит, альмандин, кварц, ильменит	Гнейсы и кристаллические сланцы
* Циркон	Тетрагональная, призматические и дипирамидальные кристаллы, зерна, радиальнолучистые агрегаты	Несов. по {110} и Раковистый	Желтый (жаргон), желто-бурый, красный (гиацинт), красно-коричневый	7,0-7,5		Слабо разлагается в конц. $H_2SO_4$ . Преимущественно в кристаллах, люминесцирует в УФ-лучах, иногда радиоактивен	Касситерит, рутил	Полевые шпаты, ильменит, титанит, алланит, магнетит, монацит	Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, в гнейсах и кристаллических сланцах

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Борацит $Mg_3[B_7O_{13}]Cl$	Ромбическая, призматический, зернистый	Раковистый	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый	7,0- 7,5		Медленно расвор. в HCl		Доломит, гипс, ангидрит, галит, сильвин, ашарит	В соляных м-ниях
* Кордиерит $(Mg,Fe)_2Al_3 \times [AlSi_5O_{18}]$	Ромбическая, призматический, зернистый	Средняя по {010} и {100}, отдельность по {001}. Раковистый	Синий, фиолетовый, дымчато-синий, бурый	7,0- 7,5		Частично раствор. при кипячении в	Кварц, сапфир, осумилит	Кварц, биотит, полевой шпат, силлиманит, андалузит, корунд	В метаморфических породах, кислых изверженных породах и их пегматитах
* Уваровит	Кубическая; зернистые агрегаты и кристаллы с простыми формами {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Изумрудно-зеленый до темно-зеленого	7,5		В кислотах не раствор.  Окраска, форма кристаллов, ассоциация	Демантоид, цаворит	Хромит, хромовые хлориты, хромвезувиан, хромтитанит	Ультраосновные породы и залежи хромита
* Берилл $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$	Гексагональная, зернистые агрегаты, призматические кристаллы	Несов. по {001} и Раковистый	Бесцветный, белый (гоше-нит), желтый (гелиодор), голубой (аквамарин), зеленый (изумруд), розовый (воробьевит)	7,5- 8,0		В кислотах не раствор.  Твердость, форма кристаллов, ассоциация	Апатит, фенакит, топаз	Морион, микроклин, биотит, шерл, сподумен, колумбит, флогопит	Пегматиты, грейзены, высокотемпературные кварцевые жилы, контактово-метасоматические породы
* Фенакит $Be_2[SiO_4]$	Тригональная, чечевицеобразный, призматический, зернистый	Н е с о в п	Бесцветный, желтоватый, розовый, коричневый	7,5- 8,0		В кислотах не раствор	Кварц, топаз	Морион, альбит, топаз, берилл, флогопит, шерл, гранат	Пегматиты, слюдиты контактового типа, гидротермальные жилы

## Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$	Ромбическая, зернистые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по Раковистый, неровный	Бесцветный, желтый, голубой, фиолетово-голубой, розовый	8,0		В кислотах не раствор. Форма кристаллов, спайность, плотность	Кварц, фенакит	Кварц, берилл, флюорит, полевые шпаты, турмалин	Гранитные пегматиты и грейзены, реже вторичные кварциты и кварцевые жилы
* Шпинель	Кубическая, октаэдрические кристаллы, зернистые агрегаты	Раковистый, неровный	Бесцветный, красный, зеленый, синий, черный	8,0		С трудом раствор. в конц. $H_2SO_4$ . Форма кристаллов, твердость, ассоциация	Гранат, корунд	Форстерит, диопсид, кальцит, флогопит, гумит, паргасит, андрадит	Магнезиальные скарны, роговики, гнейсы, аксессуарный в основных и кислых породах
* Хризоберилл	Ромбическая, зернистые агрегаты, пластинчатые и дипирамидальные кристаллы, тройники	Сов. по {011}, несов. по {010}. Раковистый, неровный	Желтый, зеленовато-желтый, зеленый (александрит), бесцветный	8,0		В кислотах не раствор. Окраска, форма кристаллов, твердость	Берилл	Берилл, фенакит, флюорит, апатит, турмалин, гранат	Пегматиты и скарны
* Корунд	Тригональная, зернистые агрегаты (наждаки), таблитчатые и дипирамидальные кристаллы	Отдельность по {0001} и Раковистый, неровный	Серый, синий (сапфир), красный (рубин), бесцветный, желтый, зеленый	9,0		В кислотах не раствор. Твердость, окраска, ассоциация	Шпинель	Полевой шпат, биотит, гранат, маргарит, диаспор, андалузит	Сиениты, пегматиты, плагиоклазиты, гнейсы и высокоглиноземистые метаморфиты (наждаки)

Указатель минералов

стр.	стр.	ути	нит
гальматолит . . . . . 94	Астрофиллит . . . . . 76	ит . . . . . 116	арит . . . . . 102
р . . . . . 140	акамит . . . . . 78	невит . . . . . 130	лит . . . . . 82
ит . . . . . 24	Аурипигмент . . . . . 62	т . . . . . 64	суляр . . . . . 150
кварин . . . . . 158	роит . . . . . 152	робьевит . . . . . 158	ерит . . . . . 86
тинолит . . . . . 88	ас . . . . . 72	ьфенит . . . . . 64	мундит . . . . . 34
абандин . . . . . 50	т . . . . . 116	т . . . . . 26	
Александрит . . . . . 160	астнезит . . . . . 124	луазит . . . . . 104	ерит . . . . . 52
Алланит – Се . . . . . 88	ейделлит . . . . . 96	аллотрихит . . . . . 98	бурит . . . . . 152
	ит . . . . . 118	тингсит . . . . . 84	ит . . . . . 130
ит . . . . . 118	рилл . . . . . 158	сманит . . . . . 52	мантоид . . . . . 150
ит . . . . . 142	тит . . . . . 82	денбергит . . . . . 90	Деревянистое олово . . . . . 72
Альмандин . . . . . 156	рюза . . . . . 134	лит . . . . . 52	н . . . . . 120
азонит . . . . . 142	ишофит . . . . . 96	ландит . . . . . 120	емсонит . . . . . 26
Амблигонит . . . . . 138	рацит . . . . . 158	ит . . . . . 138	г . . . . . 88
т . . . . . 112	нит . . . . . 38	одор . . . . . 158	ор . . . . . 146
альцим . . . . . 130	Брошантит . . . . . 78	т . . . . . 54	опсид . . . . . 88, 140
	ит . . . . . 70	Гемиморфит . . . . . 128	з . . . . . 80
идрит . . . . . 116	нкит . . . . . 66	сдорфит . . . . . 32	мит . . . . . 118
езит . . . . . 114	сит . . . . . 106	нит . . . . . 150	еит . . . . . 90, 146
далузит . . . . . 152	Буланжерит . . . . . 26	нт . . . . . 72	т . . . . . 140
радит . . . . . 150	юргерит . . . . . 94	ит . . . . . 106	Изоферроплатина . . . . . 30
рит . . . . . 118	авеллит . . . . . 120	енит . . . . . 150	руд . . . . . 158
набергит . . . . . 76	анадинит . . . . . 66	Гидрагиллит . . . . . 106	т . . . . . 86
	арисцит . . . . . 124	Гидроборцит . . . . . 110	енит . . . . . 44
ртит . . . . . 142	виан . . . . . 146	Гидроксантофллит . . . . . 126	т . . . . . 112
нтимонит . . . . . 22	рмикулит . . . . . 82	стен . . . . . 84	й . . . . . 36
Антофиллит . . . . . 134	нит . . . . . 74	колит . . . . . 138	мин . . . . . 128
агонит . . . . . 118	лемит . . . . . 134	конит . . . . . 76	льцит . . . . . 114
Арфедсонит . . . . . 86	ллиомит . . . . . 112	кофан . . . . . 90	Канкринит . . . . . 130
рсенолит . . . . . 62	дин . . . . . 152	рная кожа . . . . . 104	Карбонадо . . . . . 72
Арсенопирит . . . . . 32	лластонит . . . . . 126		Каолинит . . . . . 104
			Карбонат-фторapatит . . . . . 128

Карналлит . . . . .	106	долит . . . . .	110	Никельскуттерудит . . . . .	34	Рибекит . . . . .	84
арнотит . . . . .	64	ит . . . . .	108	Нозеан . . . . .	136	Рихтерит . . . . .	134
сситерит . . . . .	72			ронит . . . . .	98	Родонит . . . . .	140
Кеммеририт . . . . .	1 08	гит . . . . .	80	Ньюберит . . . . .	114	Родохрозит . . . . .	122
ит . . . . .	144	зит . . . . .	124			Романешит . . . . .	46
ерит . . . . .	116	ит . . . . .	46	Ортоклаз . . . . .	140	Рубеллит . . . . .	150
оварь . . . . .	56	нит . . . . .	50	Осьмий . . . . .	36	Самарскит . . . . .	44
ейофан . . . . .	66	Манганоаксинит . . . . .	150	Палыгорскит . . . . .	104	онит . . . . .	98
Клиногумит . . . . .	138	Манганоколумбит . . . . .	54	Парагонит . . . . .	110	фир . . . . .	160
Клинопирротин . . . . .	40	Манганотанталит . . . . .	50	гасит . . . . .	84	ссолин . . . . .	94
Клинохлор . . . . .	108	арит . . . . .	122	Пектолит . . . . .	128	Сафлорит . . . . .	30
Клиноцоизит . . . . .	146	риалит . . . . .	138	Пентландит . . . . .	40	нчак . . . . .	26
Клинтонит . . . . .	130	зит . . . . .	42	Перовскит . . . . .	70	Селенит . . . . .	100
обальтин . . . . .	32	атит . . . . .	50	Петалит . . . . .	144	лаит . . . . .	128
веллин . . . . .	22	нит . . . . .	138	Пираргирит . . . . .	58	Сенармонтит . . . . .	62
Колеманит . . . . .	124	лантерит . . . . .	100	Пирит . . . . .	42	Сепиолит . . . . .	104
олофан . . . . .	128	лилит . . . . .	138	Пиролюзит . . . . .	34	Сера . . . . .	60
Кордиерит . . . . .	158	икроклин . . . . .	142	Пироморфит . . . . .	68	Сердолик . . . . .	152
унд . . . . .	160	ерит . . . . .	38	Пироп . . . . .	154	Серебро . . . . .	24
иолит . . . . .	106	етизит . . . . .	68	Пирофанит . . . . .	54	Серицит . . . . .	110
Криптомелан . . . . .	46	абилит . . . . .	98	Пирофиллит . . . . .	94	Сидерит . . . . .	122
Кристобалит . . . . .	152	либденит . . . . .	20	Пирохлор . . . . .	68	Силлиманит . . . . .	148
коит . . . . .	58	цит . . . . .	132	Пирохроит . . . . .	102	вин . . . . .	100
Ксантофиллит . . . . .	130	Монтмориллонит . . . . .	100	Пирротин . . . . .	40	Скородит . . . . .	120
Ксенотим . . . . .	126	ковит . . . . .	110	Плагиоклазы . . . . .	142	куттерудит . . . . .	34
еит . . . . .	108	ушкетовит . . . . .	46	Полигалит . . . . .	112	Смитсонит . . . . .	126
Кумингтонит . . . . .	134	як . . . . .	28	Поллуцит . . . . .	146	Содалит . . . . .	136
цит . . . . .	150	ран . . . . .	44	Пренит . . . . .	144	Сперрилит . . . . .	36
ит . . . . .	60	олит . . . . .	132	Прустит . . . . .	58	Спессартин . . . . .	156
рит . . . . .	80	агырь . . . . .	96	Псевдомалахит . . . . .	80	подумен . . . . .	150
Лампрофиллит . . . . .	76	лит . . . . .	106	Псиломелан . . . . .	46	Ссайбелиит . . . . .	114
Лангбейнит . . . . .	120	елин . . . . .	136	шкинит . . . . .	148	авролит . . . . .	156
Лейхтенбергит . . . . .	108	т . . . . .	88	Пьемонтит . . . . .	80	н . . . . .	28
цит . . . . .	136	н . . . . .	70	аит . . . . .	92	ит . . . . .	94
ллингит . . . . .	30	ин . . . . .	42	Раммельсбергит . . . . .	32		
Лепидокрокит . . . . .	60			Ратовкит . . . . .	122		
				ьгар . . . . .	56		

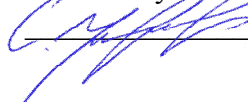
тильбит .....	120	Форстерит .....	148
доит .....	110	Фторапатит .....	128
к .....	58	Фторапофиллит .....	126
ьма .....	28	сит .....	110
Сфалерит .....	50, 66	алцедон .....	152
Сфен .....	132	Халькантит .....	108
нахит .....	40	алькозин .....	24
Танзанит .....	142	Халькопирит .....	38
Теллуровимутит .....	22	Хлорапатит .....	124
енардит .....	122	лоритоид .....	92
ннантит .....	28	Хондродит .....	144
Термонатрит .....	96	Хризоберилл .....	160
Тетрадимит .....	20	ризопраз .....	152
Тетраферроплатина .....	30	изотил .....	106
етраэдрит .....	28	мит .....	48
фроит .....	88	Цаворит .....	148
анит .....	132	лестин .....	116
ианит .....	54	уссит .....	66
емолит .....	136	Циннвальдит .....	114
лит .....	40	иркон .....	72, 156
ламенит .....	42	зит .....	142
Тулит .....	142	базит .....	126
мунит .....	62	мозит .....	82
ровит .....	158	лит .....	68
ексит .....	108	Шорломит .....	150
анинит .....	44	пинель .....	160
ит .....	92	тольцит .....	64
енакит .....	158	вдиалит .....	132
рберит .....	44	ин .....	90
Ферримolibдит .....	60	ьбаит .....	152
Ферроаксинит .....	148	статит .....	142
Ферроколумбит .....	48	дот .....	148
Ферротанталит .....	48	сомит .....	102
логопит .....	104	трин .....	74
люорит .....	122	нит .....	46
		бсит .....	48
		ит .....	66



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу



## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Б1.О.30 ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

Специальность:

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация :

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Кисин А.Ю., д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры

*Геологии*

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

д.г.-м.н., проф. Огородников В.Н.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 24.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

(подпись)

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург



**Методические указания по дисциплине согласованы с выпускающей  
кафедрой ГПР МПИ**

Заведующий кафедрой  В.А.Душин

## Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Геотектоника и геодинамика» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;  
освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [5];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по результатам современных геодинамических исследований.
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

### Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Геотектоника и геодинамика». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [5]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1, 2]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [3, 4]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1, 2] освоите каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

## Содержание курса

### **Тема 1. Предмет, объект и структура геотектоники. Основные геотектонические гипотезы. [1, 2]**

Предмет изучения и значение геологии для науки и практики. Мировоззренческая роль геологии. Место курса геологии в подготовке специалиста. Планеты Солнечной системы. Физические свойства Земли. Модели Земли. Химический состав земной коры. Минералы и горные породы. Земная кора: мощность, типы, строение и состав. Современные методы исследования земной коры.

*Дополнительная литература:* [3, 4].

*Контрольные вопросы и упражнения:*

1. Опишите строение земной коры. Каковы ее мощность, строение и состав?
2. Какие современные методы исследования земной коры Вы знаете?

### **Тема 2. Тектонические движения и методы их изучения. [1, 2]**

Общие сведения о геологических процессах. Тектонические движения: колебательные, дислокационные. Тектонические нарушения: складчатые, разрывные. Землетрясения. Методы изучения современных вертикальных тектонических движений: водомерный и метод повторного нивелирования. Методы изучения горизонтальных современных тектонических движений: метод повторной триангуляции, лазерный метод и метод дифференциальной интерферометрии. Методы изучения вертикальных палеотектонических движений: метод фаций, метод мощностей, метод формаций, объемный метод, метод стратиграфических несогласий, метод сравнительной тектоники. Методы изучения горизонтальных палеотектонических движений: метод наилучшего совмещения контуров, палеомагнитный метод, палеоклиматический метод. Палинспастический метод и петроструктурный анализ.

*Дополнительная литература:* [3, 4].

*Контрольные вопросы и упражнения:*

1. Какие типы тектонических движений Вы знаете?
2. Методы изучения современных тектонических движений?
3. Какими методами изучают современные тектонические движения?
4. Какими методами изучают палеотектонические движения?

### **Тема 3. Геотектоническая таксономия. [1, 2]**

Тектоносфера, астеносфера, Земная кора, океаническая кора, континентальная кора. Литосферные плиты. Дивергентные, конвергентные и трансформные границы. Срединные океанические хребты. Рифты, абиссальные равнины. Активные окраины континентов. Глубоководные желоба. Аккреционная призма. Вулканические островные дуги и их типы. Окраинное море. Пассивные окраины континентов. Шельф. Континентальный склон. Континентальное подножие. Платформы и их типы: протоплатформы, древние платформы, молодые платформы. Авлакогены. Синеклизы и антеклизы. Складчатые пояса (субдукционные и коллизионные). Развитие складчатых поясов. Структура складчатых поясов. Краевые прогибы (передовые прогибы). Террейны. Срединные массивы. Континентальные рифты. Тектономагматический цикл. Цикл Уилсона. Геодинамический цикл.

*Дополнительная литература:* [3, 4].

*Контрольные вопросы и упражнения:*

1. Назовите основные положения концепции тектоники литосферных плит.
2. Какие структурные элементы выделяют в этой концепции?
3. Что такое рифты, механизм и этапность их формирования.
4. Что такое «конвергентный» тип границ литосферных плит и какие геодинамические обстановки им соответствуют?
5. Перечислите современные литосферные плиты.

**Тема 4: Геологические тела и структуры как критериальные признаки геотектонических обстановок.** [1, 2]

Геотектонический парагенез. Складчатые структуры. Классификация складок. Разрывные структуры и их классификация. Вулканические структуры. Геологические формации. Типоморфные осадочные формации различных геотектонических структур. Типоморфные вулканические формации различных геотектонических обстановок. Типоморфные плутонические формации различных геотектонических обстановок. Типоморфные метаморфические формации различных геотектонических обстановок. Геотектонические обстановки формирования структур тектоносферы.

*Дополнительная литература:* [3, 4].

**Контрольные вопросы и упражнения:**

1. Какие разрывные структуры Вы знаете? Какова их классификация?
2. Какие складчатые структуры Вы знаете? Какова их классификация?
3. Какие вулканические структуры Вы знаете? Какова их классификация?

**Тема 5: Геотектонические обстановки формирования структур тектоносферы. Геотектоническое районирование. Геотектонические карты.** [1, 2]

Геотектонические обстановки океанических рифтов. Геотектонические обстановки срединных океанических хребтов. Геотектонические обстановки абиссальных равнин. Геотектонические обстановки пул-апарт бассейнов. Геотектонические структуры зон перехода от океана к континенту. Геотектонические обстановки пассивных окраин. Геотектонические обстановки активных окраин континента. Геотектонические обстановки зон орогенеза складчатых поясов. Геотектонические обстановки зон внутриплитной активизации. Геотектоническая обстановка континентальных рифтов. Геотектонические обстановки формирования чехла платформ. Геотектонические карты

*Дополнительная литература:* [3, 4].

**Контрольные вопросы и упражнения:**

1. Этапность развития океанических и срединно-океанических рифтов?
2. Этапность развития континентальных рифтовых зон?
3. Какими геотектоническими обстановками характеризуются бассейны пассивных окраин континента?
4. Какими геотектоническими обстановками характеризуются бассейны активных окраин континента?
5. Какими геотектоническими обстановками характеризуются зоны внутриплитной активизации?

**Вопросы к экзамену по курсу «Геотектоника и геодинамика»**

1. Геотектоника (определение). Цели и задачи дисциплины, основные разделы.
2. Прикладное (практическое) значение геотектоники.
3. Методы геотектоники, значение актуалистического подхода при геотектонических исследованиях.
4. Основные положения существовавшего ранее учения о геосинклиналях (строение и развитии геосинклинальных систем).

5. Современная интерпретация представлений о геосинклиналях с позиций мобилизма.
6. Идеи фиксизма и мобилизма.
7. Парадигма тектоники литосферных плит (основные положения).
8. Источники сведений о внутреннем строении Земли. Глубинное строение Земли (внутреннее и внешнее ядро, нижняя и верхняя мантия, переходные слои С и D).
9. Понятие о литосфере, астеносфере и тектоносфере.
10. Существующие типы земной коры, разделы Конрада и Мохоровичича их геологический и геофизический смысл.
11. Земная кора континентального типа: строение, состав, возраст.
12. Земная кора океанического типа: строение, состав, возраст.
13. Земная кора переходного типа - субокеаническая и субконтинентальная.
14. Явление изостазии.
15. Современные литосферные плиты (показать и перечислить). 19. Фиксация границ плит, типы их взаимоотношений друг с другом, соподчиненность с материками и океанами.
16. Прямые данные о взаимном перемещении литосферных плит в настоящее время.
17. Дивергентные типы границ плит и соответствующие им геодинамические обстановки (перечислить).
18. Конвергентные типы границ литосферных плит и соответствующие им геодинамические обстановки (перечислить).
19. Процесс рифтогенеза. Возможные модели зарождения рифтовых структур. Континентальный рифтогенез. Этапность развития континентальных рифтовых зон. Океанический рифтогенез (спрединг) и формирование океанической коры. Глобальная рифтовая система Земли.
20. Срединно-океанические хребты (классификация, строение, характерные геологические формации). Крайние (задуговые) морские бассейны (классификация, строение, характерные геологические образования). Субдукционные геодинамические обстановки (перечислить). Активные континентальные окраины островодужного типа (классификация, строение, характерные геологические образования). Активные континентальные окраины андского типа (строение, характерные геологические образования).
21. Коллизионные геодинамические обстановки. Орогенические пояса шотландского и скандинавского (гималайского) типов (классификация, строение, характерные геологические образования).
22. Процессы обдукции при замыкании океанических бассейнов. Представление об офиолитах.
23. Сдвиговые (трансформные) границы плит. Трансформные разломы океанов: характер перемещений, их структурное выражение и характерные геологические образования.
24. Внутриплитные геодинамические обстановки. Представления о тектонике плюмов, Представление о горячих точках и горячих полях. Характерные магматические образования горячих точек.
25. Континентальный рифтогенез. Главные элементы континентальных рифтовых систем. Континентальные рифты: главные структурные элементы, характерные геологические образования. Периокеанический рифтогенез. Пример - рифт Красного моря.
26. Геодинамические обстановки формирования обширных провинций внутриконтинентальных траппов.
27. Методы изучения современных тектонических движений и деформаций: вертикальные движения, горизонтальные движения.

28. Методы изучения движений и деформаций геологического прошлого: анализ фаций и мощностей, объемный метод, формационный анализ, анализ перерывов и несогласий.

29. Методы изучения современных движений и деформаций: Структурно- геоморфологические методы.

30. Современные представления о происхождении складчатых поясов с позиций тектоники литосферных плит. Области океанов: срединно-океанические хребты (типы, строение, характерные геологические формации), абиссальные равнины (строение, характерные геологические формации), микроконтиненты (строение, характерные геологические формации), глубоководные желоба (строение, характерные геологические формации).

31. Принципы тектонического районирования крупных территорий континентов по возрасту завершающей складчатости и по типам геодинамических обстановок (эндогенных режимов).

32. Понятие о структурных комплексах, этажах и ярусах земной коры.

33. Структурно-формационное районирование территорий. Выделение структурно-вещественных комплексов, отвечающих определенным геодинамическим обстановкам.

34. Складчатые дислокации, разломы и кольцевые структуры, их роль в строении и развитии земной коры. Современное понимание термина «глубинные разломы».

35. Основные принципы составления палеогеодинамических карт. Выделение геодинамических циклов, составление легенд.

36. Террейновый анализ.

37. Существующие представления о палеогеодинамическом развитии Восточной Сибири (принципы построения легенды к тектонической карте Восточной Сибири).

38. Представление о глобальных палеогеодинамических реконструкциях.

39. Источники энергии глубинных геологических процессов. Связь глубинных процессов и процессов, происходящих в земной коре и литосфере. Представление о циклах Уилсона.

### Рекомендуемая литература

1 Бабенко В.В. Геотектоника, геодинамика и металлогения: учебник / В. В. Бабенко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2009. 734 с.

2 Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: Изд. КДУ, 2005.

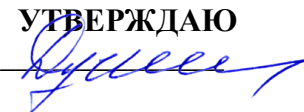
3 Мохнач, М. Ф. Геология. Книга 2. Геодинамика: учебник / М. Ф. Мохнач, Т. И. Прокофьева ; под ред. А. Н. Павлов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2011. — 280 с. — 978-5-86813-290-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17904.html>

4. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. - М.: Недра, 1985.

5 Геотектоника и геодинамика: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология месторождений нефти и газа / А.Ю. Кисин. Екатеринбург: УГГУ, 2020. 9 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой 

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЗАДАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
*по дисциплине*  
Б1.О.ДВ.01.01 ДУХОВНО-ПРАВСТВЕННАЯ КУЛЬТУРА  
ЛИЧНОСТИ**

Специальность:  
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализации:  
***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых; Поиски и разведка подземных вод и инженерно-  
геологические изыскания; Геология нефти и газа  
Прикладная геохимия, минералогия и геммология***

квалификация выпускника: **специалист**

форма обучения: **очная, заочная**

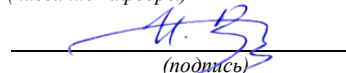
Авторы: Бачинин И.В. к.п.н, Погорелов С.Т., к.п.н. Старостин А.Н., к.ист.н.,  
Суслонов П.Е., к. филос. н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Геологии

*(название кафедры)*

Зав. кафедрой

  
*(подпись)*

Бачинин И.В.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 09.09.2021

*(Дата)*

Екатеринбург

## Оглавление

Методические указания по освоению дисциплины .....	3
Освоение лекционного курса .....	3
Самостоятельное изучение тем курса.....	3
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям .....	6
Подготовка к тестированию .....	7
Подготовка к групповой дискуссии.....	9
Методические указания по подготовке к промежуточной аттестации.....	11



# Методические указания по освоению дисциплины

## Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине дают основной теоретический материал, являющийся базой для восприятия практического материала. После прослушивания лекции необходимо обратиться к рекомендуемой литературе, прочитать соответствующие темы, уяснить основные термины, проблемные вопросы и подходы к их решению, а также рассмотреть дополнительный материал по теме.

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Одним из важных элементов освоения лекционного курса является самостоятельная работа на лекции. Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

## Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных

преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Основные приемы можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ, а что выходит за рамки официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит экономить время);
- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;
- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;
- все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);
- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;
- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать); Таким образом, чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьезный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студенты с этой целью заводят специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

- Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

- Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

- Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

- Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

- Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять

план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны 15 распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

## **Подготовка к практическим (семинарским) занятиям**

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому (семинарскому) занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.

Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки – работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре.

В начале практического занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.

Практические занятия не повторяют, а существенно дополняют лекционные занятия, помогая студентам в подготовке к промежуточной аттестации. Практические занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют студентам закрепить, углубить и конкретизировать знания по курсу, подготовиться к практической деятельности. В процессе работы на практических занятиях студент должен совершенствовать умения и навыки самостоятельного анализа источников и научной литературы, что необходимо для научно-исследовательской работы.

Одним из важных элементов практических занятий является изучение и анализ источников теологического, религиозного или правового характера, осуществляемый под руководством преподавателя, что необходимо для получения практических навыков в области научно-исследовательской, экспертно-консультативной и представительско-посреднической деятельности по окончании обучения.

## **Подготовка к тестированию**

Тестирование - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тестовая система предусматривает вопросы / задания, на которые слушатель должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность. Прежде всего, следует иметь в виду, что в предлагаемом задании всегда будет один правильный и один неправильный ответ. Это оговаривается перед каждым тестовым вопросом. Всех правильных или всех неправильных ответов (если это специально не оговорено в формулировке вопроса) быть не может. Нередко в вопросе уже содержится смысловая подсказка, что правильным является только один ответ, поэтому при его нахождении продолжать дальнейшие поиски уже не требуется.

На отдельные тестовые задания не существует однозначных ответов, поскольку хорошее знание и понимание содержащегося в них материала позволяет найти такие ответы самостоятельно. Именно на это слушателям и следует ориентироваться, поскольку полностью запомнить всю получаемую информацию и в точности ее воспроизвести при ответе невозможно. Кроме того, вопросы в тестах могут быть обобщенными, не затрагивать каких-то деталей.

Тестовые задания сгруппированы по темам учебной дисциплины. Количество тестовых вопросов/заданий по каждой теме дисциплины определено так, чтобы быть достаточным для оценки знаний обучающегося по всему пройденному материалу.

При подготовке к тестированию студенту следует внимательно перечитать конспект лекций, основную и дополнительную литературу по той теме (разделу), по которому предстоит писать тест.

Для текущей аттестации по дисциплине «Духовно-нравственная культура личности» применяются тесты, которые выполняются по разделам № 1-4.

Предлагаются задания по изученным темам в виде открытых и закрытых вопросов (35 вопросов в каждом варианте).

### *Образец тестового задания*

1. Древнейший человек на Земле появился около 3 млн. лет назад. Когда появились первые люди на Урале?
  - а) 1млн. лет назад,
  - б) 300 тыс. лет назад,
  - в) около. 150 тыс. лет назад.
  
2. В каком регионе Урала находится укрепленное поселение бронзового века “Аркаим”:
  - а) в Курганской
  - б) в Челябинской,
  - в) в Свердловской.
  
3. Уральский город, где расположена известная наклонная башня Демидовых:
  - а) Кунгур
  - б) Невьянск
  - в) Екатеринбург
  - г) Соликамск
  
4. В каком году была основана Екатеринбургская горнозаводская школа?
  - а) 1723
  - б) 1783
  - в) 1847
  
5. Почему на гербе Уральского государственного горного университета изображена императорская корона?
  - а) потому что он был основан императором Николаем II
  - б) по личной просьбе представительницы царского дома Романовых О.Н. Куликовской-Романовой, посетившей Горный университет
  - в) для красоты
  
6. Из приведенных волевых качеств определите те, которые необходимы для выполнения патриотического долга.
  - а) Решительность, выдержка, настойчивость в преодолении препятствий и трудностей.
  - б) Агрессивность, настороженность, терпимость к себе и сослуживцам.
  - в) Терпимость по отношению к старшим, лояльность по отношению к окружающим
  
7. Печорин в произведении М.Ю. Лермонтова “Герой нашего времени” был ветераном этой войны:
  - а) Русско – турецкой
  - б) Кавказской
  - в) Крымской
  - г) Германской

Ключи:

1. б
2. б
3. б
4. а
5. а

6. а  
7. б

Тест выполняется на отдельном листе с напечатанными тестовыми заданиями, выдаваемом преподавателем, на котором нужно обвести правильный вариант ответа. Тест подписывается сверху следующим образом: фамилия, инициалы, № группы, дата.

Оценка за тестирование определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;

- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

18-35 баллов (50-100%) – оценка «зачтено»

0-17 баллов (0-49%) - оценка «не зачтено»

## **Подготовка к групповой дискуссии**

Групповая дискуссия — это одна из организационных форм познавательной деятельности обучающихся, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Тематика обсуждения выдается на первых занятиях. Подготовка осуществляется во внеаудиторное время. Регламент – 3-5 мин. на выступление. В оценивании результатов наравне с преподавателем принимают участие студенты группы.

Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и др.) происходит коллективно, допускается корректная критика высказываний (мнений) своих сокурсников с обязательным приведением аргументов критики.

Участие каждого обучающегося в диалоге, обсуждении должно быть неформальным, но предметным.

### Темы для групповых дискуссий по разделам

*Тема для групповой дискуссии по разделу 1. История инженерного дела в России. Создание и развитие Уральского государственного горного университета.*

Студентам заранее дается перечень великих уральцев XVIII – начала XX вв. (Демидовы, И.С. Мясников и Твердышевы, Г.В. де Генин, В.А. Глинка, М.Е. Грум-Гржимайло и др.), внесших существенный вклад в развитие металлургической и горной промышленности. Студенты разбиваются на несколько групп, каждой из которых дается один исторический персонаж. Задача студентов по литературным и интернет-источникам подробно познакомиться с биографией и трудами своего героя. В назначенный для дискуссии день они должны не только рассказать о нем и его трудах, но и, главным образом, указать на то, каким образом их жизнь и деятельность повлияла на культуру и жизненный уклад их современников, простых уральцев.

*Тема для групповой дискуссии по разделу 2. «Основы российского патриотического самосознания»*

Студенты должны заранее освежить в памяти произведения школьной программы: К.М. Симонова «Жди меня», М.Ю. Лермонтова «Бородино», Л.Н. Толстого «Война и мир», А.А. Фадеева «Молодая гвардия».

Вопросы, выносимые на обсуждение:

Какие специфические грани образа патриота представлены в произведениях К.М. Симонова «Жди меня», М.Ю. Лермонтова «Бородино», Л.Н. Толстого «Война и мир», А.А. Фадеева «Молодая гвардия», выделите общее и особенное.

Какие еще произведения, в которых главные герои проявляют патриотические качества, вы можете назвать. Соотнесите их с героями вышеупомянутых писателей.

*Тема для групповой дискуссии по разделу 3. Религиозная культура в жизни человека и общества.*

Описание изначальной установки:

Группа делится на 2 части: «верующие» и «светские». Каждая группа должна высказать аргументированные суждения по следующей теме:

*«Может ли верующий человек прожить без храма/мечети/синагоги и другие культовые сооружения?»*

Вопросы для обсуждения:

1. Зачем человеку нужен храм/мечеть/синагога и др. культовые сооружения?
2. Почему совесть называют голосом Божиим в человеке?
3. Что означает выражение «вечные ценности»?
4. Что мешает человеку прийти в храм/мечеть/синагогу и др. культовое сооружение?

Каждый из групп должна представить развернутые ответы на поставленные вопросы со ссылкой на религиозно-источники и нормативно-правовые акты, аргументированно изложить свою позицию.

*Тема для групповой дискуссии по разделу 4. «Основы духовной и социально-психологической безопасности»*

**Тема дискуссии: «Воспитание трезвенных убеждений»**

Основой дискуссии как метода активного обучения и контроля полученных знаний является равноценное владение материалом дискуссии всеми студентами. Для этого при предварительной подготовке рекомендуется наиболее тщательно повторить темы раздела, касающиеся формирования системы ценностей, манипуляций сознанием, методов ведения концентрированной войны, методике утверждения трезвости как базовой национальной ценности.

В начале дискуссии демонстрируется фильм Н. Михалкова «Окна Овертона» из серии Бесогон ТВ: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=8&v=BIly4QfQIk](https://www.youtube.com/watch?time_continue=8&v=BIly4QfQIk)

Затем перед студентами ставится проблемная задача: сформулировать ответ на вопрос «Возможно ли применение данной технологии формирования мировоззрения в благих целях — для воспитания трезвенных убеждений?»

**Возможные варианты точек зрения:**

1. Это манипулятивная технология, применение ее для воспитания трезвенных убеждений неэтично.
2. Это универсальная социально-педагогическая технология, применение ее во зло или во благо зависит от намерений автора. Использование ее в целях формирования трезвенных



убеждений обосновано и может реализоваться в практической деятельности тех, кто овладел курсом «Основы утверждения трезвости»

Результатом дискуссии не могут быть однозначные выводы и формулировки. Действие ее всегда пролонгировано, что дает студентам возможность для дальнейшего обдумывания рассмотренных проблемных ситуаций, для поиска дополнительной информации по воспитанию трезвенных убеждений.

Незадолго до проведения групповой дискуссии преподаватель разделяет группу на несколько подгрупп, которая, согласно сценарию, будет представлять определенную точку зрения, информацию. При подготовке к групповой дискуссии студенту необходимо собрать материал по теме с помощью анализа научной литературы и источников.

Используя знание исторического, теологического и правового материала, исходя из изложенных изначальных концепций, каждая группа должна изложить свою точку зрения на обсуждаемый вопрос, подкрепив ее соответствующими аргументами.

Каждый из групп по очереди приводит аргументы в защиту своей позиции. Соответственно другая группа должна пытаться привести контраргументы, свидетельствующие о нецелесообразности, пагубности позиции предыдущей группы и стремится доказать, аргументированно изложить свою позицию.

*Критерии оценивания:* качество высказанных суждений, умение отстаивать свое мнение, культура речи, логичность.

*Критерии оценки одной дискуссии:*

Суждения зрелые, обоснованные, высказаны с использованием профессиональной терминологии, логично – 8-10 баллов.

Суждения не совсем зрелые или необоснованные, при ответе использована профессиональная терминология, суждение логично – 4 – 7 баллов.

Суждения незрелые, необоснованные, бытовая речь, нелогичный ответ – 2– 3 балла:

Суждения нет, бытовая речь, нелогичный ответ – 2– 3 балла.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 8-10 баллов

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 4-7 баллов

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 2-3 балла

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-1 балл.

Максимальное количество баллов, которые можно набрать, работая на дискуссии – 40 баллов.

## **Методические указания по подготовке к промежуточной аттестации**

Каждый учебный семестр заканчивается промежуточной аттестацией в виде зачетно-экзаменационной сессии. Подготовка к зачетно-экзаменационной сессии, сдача зачетов и экзаменов является также самостоятельной работой студента. Основное в подготовке к сессии – повторение всего учебного материала дисциплины, по которому необходимо сдавать зачет или экзамен. Только тот студент успевает, кто хорошо усвоил учебный материал. Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь учебный материал. Все это зачастую невозможно сделать из-за нехватки

времени. Для такого студента подготовка к зачету или экзамену будет трудным, а иногда и непосильным делом, а конечный результат – возможное отчисление из учебного заведения.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Зачет - форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «зачтено», «не зачтено».

Зачет проводится по расписанию.

Цель зачета – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.

Зачет подводит итог знаний, умений и навыков обучающихся по дисциплине, всей учебной работы по данному предмету.

К зачету по дисциплине «Духовно-нравственная культура личности» необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

Зачет по дисциплине «Духовно-нравственная культура личности» проводится в письменной форме путем выполнения зачетного тестового задания.

При опоздании к началу зачета обучающийся на зачет не допускается. Использование средств связи, «шпаргалок», подсказок зачете является основанием для удаления обучающегося с зачета, а в зачетной ведомости проставляется оценка «не зачтено».

Для подготовки зачету (составления конспекта ответа) обучающийся должен иметь лист (несколько листов) формата А-4.

Лист (листы) формата А-4, на котором будет выполняться подготовка к ответу зачетного задания, должен быть подписан обучающимся в начале работы в правом верхнем углу. Здесь следует указать:

- Ф. И. О. обучающегося;
- группу, курс
- дату выполнения работы
- название дисциплины «Духовно-нравственная культура личности».

Страницы листов с ответами должны быть пронумерованы.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Духовно-нравственная культура личности» проводится в форме теста. Выполнение теста предполагает выбор правильного варианта ответа на вопрос из числа предложенных.

На зачете преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов теста и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках теста и направлены на уточнение мысли студента.

*Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля*

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	0-35 баллов (35 заданий)	Правильность ответов

Итого	35 баллов	
-------	-----------	--

Оценка за тестирование определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

55 - 110 балла (50-100%) - оценка «зачтено»

0 - 54 балла (0-49%) - оценка «не зачтено».

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**

**КОММУНИКАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ЛИЧНОСТИ**

Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	9
4	Методические рекомендации по написанию эссе	11
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	14
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	15
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21

## ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

**Самостоятельная работа студента (СРС)** - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

**Самостоятельная работа студента** - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;

- освоение информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблеме;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельной работе, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.





## 1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить опiski, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тестов по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

### *Письменный опрос*

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избежать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

### *Устный опрос*

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии <sup>1</sup>.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii\\_dlya\\_studentov\\_21.pdf](http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf)

<sup>2</sup> Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: [http://priab.ru/images/metod\\_agro/Metod\\_Inostran\\_yazyk\\_35.03.04\\_Agro\\_15.01.2016.pdf](http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf)

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем времени на подготовку к устному опросу зависит от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

### 3. Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*Доклад должен соответствовать следующим требованиям:*

- тема доклада должна быть согласована с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны соответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

#### ***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

#### ***Вступление.***

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

**Основная часть.**

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

**Заключение.**

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

<i>Критерии оценки доклада, сообщения</i>	<i>Количество баллов</i>
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

#### 4. Методические рекомендации по написанию эссе

*Эссе* - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

##### *Структура эссе*

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);
2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершенно необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

#### ***Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе***

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

*Тезис* - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

#### ***Требования к фактическим данным и другим источникам***

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедиться в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.



### **Как подготовить и написать эссе?**

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

*Планирование* - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

*Цель* должна определять действия.

*Идеи*, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

*Аналогии* - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

*Ассоциации* - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

*Предположения* - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

*Рассуждения* - формулировка и доказательство мнений.

*Аргументация* - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

*Суждение* - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

*Доводы* - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники*. Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

*Качество текста* складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

*Мысль* - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

*Внятность* - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

*Грамотность* отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

*Корректность* — это стиль написанного. Стиль определяется жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогов обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

## 6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия*, где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

*Дискуссия* (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

*Дискуссия- диалог* чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

*Дискуссия - спор* используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,
- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;
- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;
- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;
- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

**Подготовка студентов к дискуссии:** если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

**В проведении дискуссии** выделяется несколько этапов.

**Этап 1-й, введение в дискуссию:** формулирование проблемы и целей дискуссии; определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

**Этап 2-й, обсуждение проблемы:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

**Этап 3-й, подведение итогов обсуждения:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## 7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

**Экзамен** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неувоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадет на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала, кратко записав это на листе бумаги, создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неусттомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

- 1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
- 2) добросовестное выполнение заданий;
- 3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
- 4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
- 5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
- 6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
- 7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html>
2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>
3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.



Проректор по учебно-методическому  
комплексу \_\_\_\_\_



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ  
ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ  
«ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Авторы: Огородников В. Н., д.г.-м.н., доцент; Поленов Ю. А., д.г.-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры

Геологии  
(название кафедры)  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)  
Огородников В. Н.  
(Фамилия И.О.)  
Протокол № 1 от 24.09.2021  
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией  
факультета Геологии и геофизики

(название факультета)  
Председатель \_\_\_\_\_  
(подпись)  
Бондарев В. И.  
(Фамилия И.О.)  
Протокол № 2 от 07.10.2021  
(Дата)

Екатеринбург

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе «Общая геология», который читается студентам специальности 21.05.02 Прикладная геология Уральского государственного горного университета (УГГУ), предусмотрено проведение учебной геологической практики. Она является важной составной частью образовательного процесса, так как способствует формированию у студентов умения наблюдать, документировать и обобщать различного рода геологические факты. Все это – основа для закрепления теоретической части указанного курса. В итоге студенты приобретают определенную базу восприятия специальных учебных дисциплин геологического профиля.

Место проведения практики, которое включает обнажения в городе Екатеринбург и его окрестностях, в пределах листов О-41-XXV и О-41-XXXI, выбрано в связи с тем, что здесь на сравнительно небольшой площади расположены разнообразные объекты, которые характеризуются сложным геологическим строением и разнообразием горных пород и месторождений полезных ископаемых всех геодинамических обстановок, проявленных на Урале.

Студенты заочного обучения, работающие на предприятиях геологоразведочного и горного профиля с согласия преподавателя могут проходить учебную геологическую практику на своем предприятии, предварительно получив для этого разрешение руководства учреждения.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 после первого курса обучения студентов проводится в течение двух недель.

Цель практики: закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов по общей и исторической геологии путем изучения результатов эндогенных и экзогенных процессов в природе на природных геологических объектах и знакомство студентов с элементами документирования естественных и искусственных обнажений.

Задачи практики:

- ознакомление студентов с основами методики полевых геологических, геоморфологических и гидрогеологических наблюдений, с документацией полевых наблюдений, с некоторыми горнопромышленными предприятиями в окрестностях г. Екатеринбурга.

- обучение студентов свободному владению горным компасом при работе с картой и выполнении различных замеров на местности, документированию опорных разрезов, горных выработок и различных объектов при маршрутных наблюдениях, камеральной обработке полевых материалов и оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

- знать основные геологические структуры земной коры на территории Среднего Урала и геологическую историю их развития;

- иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, приводящих к образованию и преобразованию различных месторождений полезных ископаемых, о пространственно-временных основах геологии, базирующихся на методе актуализма, т. е. развитии процессов и геологических структур в пространстве и во времени;

- закрепить навыки и уметь определять минералы и горные породы как продукты различных геологических процессов; наблюдать и документировать обнажения и горные выработки, уметь вести абрис маршрута, полевую книжку; отбирать стандартные образцы для геологической коллекции; замерять элементы залегания горных пород и трещиноватости горным компасом, составлять фрагментарные геологические схемы и

планы, разрезы к ним; анализировать условия их залегания, возрастные взаимоотношения различных геологических образований как в обнажениях, так и на геологических картах и фиксировать все полученные материалы в геологическом отчете;

- отличать экзогенные процессы, обусловленные антропогенными факторами.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 должна проводиться квалифицированными специалистами, имеющими соответствующее образование. Как любые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

*Подготовительный этап.* В течение этого этапа со студентами проводятся лекции о целях и задачах экскурсий, формируются учебные бригады, собирается, закупается и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, саперная лопатка, складной нож, ручка, карандаш, офицерская линейка, медицинская аптечка) и документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки), позволяющие фиксировать полученные наблюдения. Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада. Полевой дневник должен иметь каждый учащийся. На подготовительном этапе дается форма дневника (полевой книжки) и другой геологической документации.

Для успешного проведения геологических экскурсий заранее необходимо осуществлять ряд мероприятий, направленных на строгое выполнение правил по технике безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр всех экскурсантов и сделать предохранительные прививки.

Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов непосредственно перед проведением экскурсий с правилами техники безопасности с росписью в соответствующей ведомости. Экскурсанты должны усвоить правила техники безопасности при 1) проведении маршрутов, 2) использовании автотранспорта, 3) обеспечении питьевой водой, 4) оказании доврачебной помощи.

В *полевой этап* проводятся геологические маршруты на хорошо обнаженные геологические объекты, сложенные различными метаморфическими, осадочными и магматическими породами; на месторождения полезных ископаемых различного генезиса.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических объектов с теми или иными явлениями и процессами.

Выполнение маршрутного задания, прежде всего, зависит от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригад перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за составление абриса маршрута и привязку обнажений, другие за работу с горным компасом, за отбор образцов горных пород, фотографирование геологических объектов и т.д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов. Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса. Количество их и содержание определяется целями и задачами, планом обучения и программой геологических экскурсий.

Практически во многих случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими геологическими процессами и объектами. Целесообразность таких маршрутов обусловлена выявлением взаимосвязи отдельных геологических процессов и явлений. Например, в одном маршруте полезно

проследить связи между формами рельефа, литологией пород и тектоникой района, выходами подземных вод на поверхность и определенным стратиграфическим горизонтом, выветриванием и составом горных пород и т.д.

Необходимо особенно подчеркнуть, что *геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно*. Это означает, что после описания какого-либо объекта или процесса наблюдение за ним (ними) не прекращается, а продолжается в процессе всего маршрута.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, осуществление тектонических, геоморфологических и других наблюдений и записи в полевой книжке проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Тн). По характеру изучаемых явлений "Тн" можно условно разделить на три вида: изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных вод, выветривания и т.д.), изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях и, наконец, наиболее частый случай, когда исследуется и те, и другие вопросы. Остановка на "Тн" даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы на такой точке породы были хорошо обнажены, легко доступны для наблюдения и вместе с тем обладали чертами, существенными для понимания строения района.

При остановке на "Тн", прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (по компасу, солнцу, часам или другим способом) и определить нахождение точки на карте и местности, т.е. дать адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии (вершины гор, характерные излучины рек, устья ручьёв) или глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной "Тн" на карту под соответствующим номером (нумерация точек должна быть сквозная).

Изучая на точке геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления – геоморфологию, гидрографию, тектонику и т.д. Переходя к описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине и тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажения в русле рек, стенки и забои карьеры или шурфа и т.д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание даётся либо в обобщенном виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачку снизу вверх (рис. 1). В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика главных отличительных и генетически важных свойств пород: текстура, структура, минеральный состав, различные неоднородности, тектонические дислокации. В описании указываются элементы залегания слоистости, сланцеватости, крыльев складок или плоскостей сместителя и т.д. Отмечаются места взятия образцов и их нумерация. На левой стороне пикетажной книжки делаются зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании пород целесообразен следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, студенты должны внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты или метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. Руководитель консультирует и направляет работу, как отдельных студентов, так и всей группы, и в итоге устанавливается общая картина обнажения. После этого делают полное описание, а затем схематическую зарисовку обнажения, которая дублируется фотографированием. При необходимости делают зарисовки и фотографии деталей обнажения.

В первых маршрутах и при изучении принципиально новых объектов преподаватель должен сам давать соответствующие описания. Позднее, когда школьники овладеют определёнными навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своём полевом дневнике на

данной "Тн". Остальные участники делают замечания и дополнения. Преподаватель обобщает все сказанное и формулирует данные для общей записи.

*Камеральный этап.* Камеральные работы проводятся последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на составление отчёта и его защиты.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов;
- оформление рисунков к отчёту, изготовление и описание стратиграфических разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий, их ретуширование, при необходимости вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород и минералов, уточнение наименований окаменелостей с использованием атласа руководящих форм, составление рабочей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчёта;
- защита отчёта.

Главная цель написания отчёта - овладение навыками анализа и обобщения геологических наблюдений и умение геологически грамотно изложить результаты такого обобщения в отчёте, правильного подбора и изготовления графических приложений, составления списка литературы.

## **2.1. Документация при ведении геологических маршрутов**

Обилие различного рода информации, получаемой в результате геологических исследований, разнообразие форм и методов обработки делают задачу систематизации и унификации первичных геологических данных чрезвычайно важной

Первичная геологическая документация при ведении геологических маршрутов включает: 1) дневники (полевые книжки); 2) формы регистрации каменного материала - журналы образцов, проб и др.; 3) этикетки; 4) зарисовки обнажений, горных выработок, керны скважин, отдельных деталей геологических тел и т.п.; 5) фотографии естественных и искусственных обнажений и их деталей.

Ко всем видам первичной геологической документации предъявляются единые требования к её оформлению;

1. Все записи должны делаться максимально разборчиво, с тем, чтобы не создавать затруднений при их чтении.

2. Записи должны иметь стандартную форму и строгую последовательность перечисления признаков описываемого объекта.

3. Записи производятся простым карандашом или шариковой ручкой. Использование химических карандашей и чернил всех видов (в том числе фломастеров) воспрещается.

4. Во всех формах документации во избежание затирания записей следует оставлять поля с внешней стороны листа.

5. Рекомендуется все данные о номерах наблюдений, образцов, проб и элементах залегания выделять из текста отдельной строчкой или условным знаком (если для них не предусмотрена фиксация в специальных графах формы документации).

6. Все страницы дневников, пикетажных книжек и других сброшюрованных форм документации должны иметь сквозную нумерацию.

*Дневник (полевая книжка)* – основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых, геоморфологических и др.). Он изготавливается в виде книжки в твердом переплете, покрытом дермантином или другим материалом, предохраняющем ее от сырости,

механических или иных повреждений. Рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительности и почвенного покрова.

Задняя крышка обычно имеет клапан, закрывающий торец книжки. На третьей странице обложки иногда изготавливается карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 на 15-18 см (для кармана полевой одежды) до 13-15 на 20-22 см (для полевой сумки). Большие форматы не рекомендуются вследствие неудобства для использования в маршруте, меньшие - как неоправданно дробящие запись на чрезмерно короткие строки и затрудняющие ее чтение.

Рекомендуемый объем дневника - 100-130 листов. Дневник должен изготавливаться из хорошей бумаги и нескольких листов кальки, миллиметровки.

На обороте переплета может помещаться перечень признаков, обязательных для наблюдения.

Титульный лист дневника должен содержать название организации, экспедиции (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исполнителя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдений и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На первой странице помещается оглавление дневника.

На второй странице помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведется запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т.п. указывается день, месяц, год и цель работы. Описание каждой точки наблюдения начинается с красной строки. Привязка точки к местности или предыдущей точке помещается рядом с её номером и образует вместе с ним отдельную строку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками, номера образцов и проб подчеркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерение элементов залегания, радиоактивности, содержание химических элементов выделяются отдельной строкой.

На левой стороне дневника помещаются вспомогательные записи, облегчающие пользование документацией. На неё выносятся все номера образцов, проб и других видов каменного материала, номера фотографий (с указанием их содержания), могут выноситься также элементы залегания. На этой же стороне помещаются зарисовки геологических объектов и их деталей, а также различные схемы для обнажений (отбора образцов и проб, расположение рисунков и фотографий и т.п.) для участков (расположение геологических тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок). Здесь же излагаются предположения и соображения исследователей, возникающие в процессе наблюдения, но требующие дальнейшего подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяженность маршрута в км.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником (старшим геологом) партии (отряда, участка).

**Формы регистрации каменного материала.** Регистрация каменного материала начинается при документации геологических объектов и продолжается в течение всего процесса геологических работ и фиксируется в журнале образцов.

**Журнал образцов** предназначен для регистрации всех видов образцов и проб, взятых на протяжении полевого периода во время маршрутов, при описании обнажений, горных выработок и предназначенных для любых производственных и научных целей (изготовление шлифов и аншлифов, определение органических остатков, производство разнообразных анализов).



Журнал образцов заполняется непосредственно после маршрута или, если количество взятых образцов не велико, в камеральный день, но не реже одного раза в неделю. Журнал образцов заполняется шариковой ручкой. Желательно, чтобы записи в нем вел один и тот же сотрудник.

**Этикетки** для образцов рекомендуется печатать на плотной бумаге и брошюровать в виде книжек по 25-50-100 листов; обычный формат этикетки 10x10 или 10x13 см. В разделе "место взятия" для образцов из обнажений и высыпок указывается привязка к точке наблюдения, для скважин - интервал отбора, для горных выработок - глубина или интервал (в канавах) отбора. Этикетки заполняются на месте взятия данного образца. Заполнение этикетки обязательно для рыхлых и слабоцементированных пород. Для крепких пород в полевых условиях допускается подписывать только номер тушью или шариковой ручкой на лейкопластыре, наклеенном на образце. Такая маркировка рациональна, в особенности при отборе ориентированных образцов, когда кроме номера необходимо указывать ориентировку образца. В отдельных случаях допустимо также нанесение маркировки непосредственно на образец. С этой целью могут быть использованы баллончики с тушью (например, "Kaalmar") или цветной (предпочтительно красный) карандаш. В дальнейшем на каждый образец заполняется этикетка.

Номер образца дублируется на бумаге, в которую завернут образец, или на геологическом мешочке. Для образцов, взятых из скважин и горных выработок, указывается также глубина или интервал отбора.

Отдельная этикетка составляется для каждого шлифа. Размеры этикетки шлифа 6x5 см.

Самостоятельные формы этикеток размером 13x10 см рекомендованы для проб, отобранных из горных выработок, извлеченного керна и шлиховых проб.

Регистрационные данные отмечаются также на капсуле для хранения шлихов. Для капсул используется прочная бумага. При разделении шлиха на фракции используется капсула стандартных размеров - 16x22 см. Для отмытого неразделенного шлиха предпочтительнее использовать капсулу формата 21x30 см (размер стандартного листа) либо других размеров, соответствующих реальному объему шлиха.

**Альбомы зарисовок и фотографий.** Альбом для зарисовок изготавливают из плотной белой бумаги типа чертежной. Его размер не должен превышать 18x24 см. Такой размер позволяет делать достаточно крупные и детальные зарисовки, удовлетворяющие всем предъявленным к ним требованиям.

Альбом не должен содержать более 25 листов, так как со временем, при работе в полевых условиях, он неизбежно загрязняется, и зарисовки, выполненные ранее, могут быть испорчены. Рационально иметь в распоряжении несколько альбомов и заменять их по мере накопления зарисовок.

Альбом заключают в жесткий переплет из дермантина или из плотной материи типа колленкора. Задняя крышка переплета должна иметь клапан шириной около 5 см. На внутренней стороне переплета, на сгибе между внутренней крышкой и клапаном - гнездо для карандаша.

Первая страница альбома - титульный лист. В исключительных случаях для зарисовок могут быть использованы "альбомы для рисования", выпускаемые промышленностью.

Зарисовки выполняются только на одной (правой) стороне листа, где помещаются также все необходимые надписи и пояснения.

Страницы альбома должны иметь сквозную нумерацию. Каждому рисунку присваивается порядковый номер. Номера фотографий и их содержание, как указывалось выше, фиксируется в полевом дневнике. Специальной формы документации для них не предусматривается.

При наиболее ответственных съемках рекомендуется делать в дневнике записи о чувствительности пленки, диафрагме, выдержке, характере погоды и времени съемок.

## **2.2. Маршрутные наблюдения**

Наземные маршруты в обнаженных районах дают основную массу данных по составу геологических тел и признакам полезных ископаемых. Они включают описание рядовых обнажений и промежутков между обнажениями, в которых наблюдения ведутся по высыпкам.

Описание маршрута состоит из следующих частей: 1) дата маршрута, 2) номер маршрута, 3) привязка района маршрута, 4) характеристика ожидаемых объектов наблюдения и цель маршрута, 5) привязка начала маршрута, 6) описание маршрута, 7) выводы по маршруту.

Номер маршрута обычно дается каждым исполнителем на протяжении всего сезона, однако если в дальнейшем намечается обработка на ЭВМ, необходимо каждому исполнителю выделить свою серию номеров.

Привязка района маршрута дается в таком виде чтобы его легко можно было находить на карте фактического материала. С этой целью указывается участок района, где проводится маршрут (бассейн реки, ручья, район крупной высоты, урочище и т.п.). Обязательно наличие всех таких названий на топографических картах. При проведении работ с применением аэрофотоматериалов в привязке указывается номера аэрофотоснимков, на которых расположен маршрут. Для маршрутов, проводимых на нескольких геодезических трапециях, обязательно указание номенклатуры трапеции. Для обработки материалов на ЭВМ привязка района маршрута дается в виде указания координат начала и конца его.

Привязка начала маршрута дается по отношению к четко определенным элементам рельефа и постоянным элементам топографической ситуации, созданным деятельностью человека (дороги и т.п.). В тех случаях, когда маршрут ведется с использованием аэрофотоснимков, привязка начала маршрута проводится после ориентирования и накола начальной его точки на аэрофотоснимке. Допустимо указание координат начальной точки.

Описание маршрута включает фиксацию всех наблюдений, проводимых над геологическими объектами, геоморфологическими элементами и т.д., а также выводов, к которым приходит геолог в процессе маршрута. По ходу маршрута описываются геологические образования и тектонические элементы, осуществляются поиски полезных ископаемых и сборы остатков ископаемой флоры и фауны, собираются материалы для выяснения природы расположенных в зоне маршрута контуров, отдешифрированных на аэрофотоснимках и других дистанционных материалах, геофизических и геохимических аномалий (их связь с геологическими телами, структурами и вещественным составом тел), отбираются необходимые образцы, пробы и т.д. Обязательно проверяются результаты дешифрирования аэрофотоснимков и интерпретации геофизических данных.

Каждая точка наблюдения включает запись на точке и запись по ходу между точками. Рекомендуется сначала записывать наблюдения на точке, а затем наблюдения по ходу следующей точки. В этом случае наблюдение на точке будет своего рода выводом из наблюдений по ходу. Таким "выводом" может быть, например, фиксация резкой смены пород в высыпках, другого стратиграфического подразделения, чем наблюдавшееся по ходу, обнаружение обнажения, в котором видны складки и т.п.

Выводы по маршруту завершают описание. Ими могут быть обобщенная характеристика состава изученных отложений, вывод о взаимоотношении интрузивов, толщ, разрывов, складок и т.п., об их генезисе, о перспективности признаков полезных ископаемых и др.

## **2.3. Документация обнажений**

Документация естественных и искусственных обнажений является одним из основных источников геологической информации, в первую очередь сведений о составе геологических тел и горных пород и условиях их залегания. В соответствии с этим большое значение имеет степень единообразия геологического описания и соответствие его унифицированной схеме, обеспечивающей сопоставимость данных, полученных различными исследователями.

Геологические наблюдения всегда в той или иной мере специализированы применительно к специфике горных пород и геологических тел, слагающих изучаемый район, и образуемых ими структур.

Со времен выхода в свет "Полевой геологии" В.А. Обручева сложился перечень геологических признаков, отражающих минимально необходимый набор сведений об исследуемом объекте и подлежащих обязательному фиксации в геологической документации. Модификации таких перечней в настоящее время легли в основу формализованной документации, ориентированной на решение задач автоматизированной обработки данных на ЭВМ.

Составление унифицированной схемы описания изучаемых объектов является обязательной частью подготовки к полевым работам. Наличие такой схемы обеспечивает необходимую полноту документации, а тем самым и ее качество.

Требования единой системы первичной документации, удобной для практического использования, диктуют также необходимость единообразной структуры записи. Схему последовательности описания целесообразно иметь каждому геологу в виде краткой памятки, которую следует помещать в качестве вкладки в полевом дневнике.

В описаниях геологических наблюдений можно выделить несколько смысловых полей:

- описание горных пород,
- описание сочетаний горных пород в пределах обнажения,
- описание залегания горных пород,
- выводы.

**Описание горных пород** имеет последовательность: название породы, структура, цвет, степень литификации, минеральный состав, морфология зерен, текстура, включения, прожилки, органические остатки, конкреции и секреты, контактовые поверхности геологических тел, отдельность, прочие характеристики - элементы залегания пластов в осадочных, потоков в эффузивных и сланцеватости в метаморфических породах, мощность осадочных слоев, потоков эффузивных и пластов метаморфических пород, а также характер эпигенетических изменений.

**Описание сочетаний горных пород** должно предусматривать характеристику признаков, перечень которых может изменяться в зависимости от того, какой тип пород является объектом исследования.

Осадочные породы:

- а) чередование пород по вертикали в виде послойного описания;
- б) переходы пластов по простиранию;
- в) мощность каждого пласта или обобщенная характеристика;
- г) характер поверхностей напластования;
- д) соотношение выше- и нижележащих пластов - залегание согласное, согласное с размывом или несогласное.

Вулканогенные породы:

- а) чередование пород по вертикали;
- б) смена пород по горизонтали;
- в) мощность каждого пласта или потока или ее обобщающая характеристика;
- г) характер граничных поверхностей между пластами или потоками;

д) соотношение выше- и нижележащих пластов и потоков. Интрузивные породы - контакты и переходы разновидностей пород и их изменение на контактах.

Жилы и прожилки:

- а) сочетание между собой;
- б) изменения вмещающих пород на контакте;
- в) выдержанность жил и прожилков и их мощность.

Для рыхлых отложений следует давать описание в следующем порядке:

- а) название, размеры, минералогический состав и форма зерен, их соотношение по размеру;
- б) цвет и запах;
- в) наличие, содержание, размер и форма неорганических включений;
- г) наличие и характер органических остатков;
- д) влажность и плотность;
- е) консистенция (для минеральных отложений) и степень разложенности (для торфов) - признаки особенно важные при гидрогеологических и инженерно-геологических работах;
- ж) степень карбонатности основной части грунта и включений;
- з) структура и текстура отложений.

**Описание залегания горных пород** включает измерение элементов залегания, характеристику складок, разрывов и т.д.

Измерение элементов залегания документируется в виде сокращенной записи азимута и угла падения, например, аз. пад.  $340^0$ ,  $\angle -30^0$ , или при вертикальном залегании - азимута простираения и угла падения, например, аз. прост.  $340^0 \angle 90^0$ . Точность измерения в складчатых областях  $5^0$  для азимута и  $2-3^0$  для угла. При изменчивых углах падения или отсутствии уверенности в единообразии элементов залегания во всем обнажении и отсутствии видимых складок обязательно измерение в разных частях обнажения для определения среднего залегания с точностью до  $4-5^0$ . Таких измерений необходимо сделать не менее 4-5. Разброс измерений в  $20-30^0$  обычно свидетельствует о наличии складок. Вычисление средних элементов залегания в этом случае недопустимо и должна быть составлена схема элементов залегания в обнажении. Словами отмечается опрокинутое залегание.

**Описание складчатости.** Описание единичной складки включает характеристику следующих признаков:

- текстурные элементы, образующие складку (пласты, слоистость, сланцеватость);
- форма складки;
- форма замка складки;
- форма шарнирной (осевой) поверхности;
- высота и ширина складки;
- элементы залегания слоистости на разных участках складки в количестве, достаточном для изображения характера изгибов слоев различной компетентности.

**Описание обнажений.** Описание естественных коренных обнажений проводится во время маршрутов. Нужно различать описание рядовых и ключевых (опорных) обнажений, которое проводится с разной степенью детальности.

Ключевым обнажением называется изолированный выход (или ряд сближенных выходов) коренных пород, в пределах которого наблюдаются стратиграфические взаимоотношения отложений, типичные интрузивные контакты, характерные структурные формы (складки, разрывы), сочетание структурных форм разного возраста и размера и т.п. Выявление ключевых обнажений, а также оценка степени их типичности и значимости могут быть осуществлены лишь после того, когда будет осмотрен более или менее обширный участок исследуемого района. Следовательно,

в большинстве случаев ключевые обнажения первоначально фиксируются в качестве рядовых и лишь потом подвергаются специальному детальному изучению.

**Описание рядовых обнажений** включает следующие операции:

- привязка обнажения к местности;
- осмотр обнажения;
- зарисовка или (и) фотографирование;
- описание обнажения и отбор образцов и проб.

Эти операции могут различным образом сочетаться при описании обнажений разного размера. При описании обнажений небольших размеров (до 15-20 м) привязка рядового обнажения к местности осуществляется в ходе маршрута, при котором оно было выявлено.

Осмотр обнажения начинается с определения его положения в рельефе (у подножья склона, на склоне, на водоразделе, в русле реки и т.п.) и оценки того, что оно действительно представляет коренной выход, а не оползень, отдельную скатившуюся глыбу и т.п. Эта оценка отражается словами "в коренном выходе", "в коренном залегании" и т.п. В процессе общего осмотра выясняются характер слагающих пород, условия их залегания и взаимоотношения; предварительно намечаются места отбора образцов и проб (они могут отбираться и на стадии осмотра).

Зарисовка и фотографирование рядовых обнажений осуществляется лишь в тех случаях, когда в них обнаруживаются какие-либо характерные особенности, представляющие значительный геологический интерес. Нередко такие обнажения в дальнейшем переходят в ранг ключевых.

Стратифицированные отложения, сложенные чередованием пластов различных пород, описываются послойно снизу вверх. Описание сверху вниз не рекомендуется как из соображения единства описания во всей геологической службе, так и из-за возможности засорения поверхности обнажения обломками вышележащих пород (это особенно мешает при описании и опробовании обнажений рыхлых образований и горных выработок).

Обнажения значительной протяженности рационально осматривать и описывать поинтервально. В качестве границ интервалов следует выбирать участки существенного изменения состава отложений или условий их залегания, смену пород или толщ и т.п. Осмотренная часть обнажения документируется, дается описание контактирующих толщ. Затем осматривается и документируется следующая часть обнажений и т.д. Если имеется возможность, то целесообразно заранее рационально разметить обнажение шагами или лентой на интервалы по 10-20 м. Для протяженных обнажений обязательно составление маршрутной схемы..

**Образцы и пробы.** Образцы горных пород представляют собой каменный документ, который хранится до завершения геологосъемочных и поисковых работ. По окончании работ часть образцов, достаточно полно характеризующая все возрастные подразделения района и типичные разновидности пород, выделяется в эталонную коллекцию и часть - в коллекцию обменного фонда. Остальная часть коллекции после окончания камеральной обработки сокращается. В соответствии с этим, к образцам эталонной коллекции и рядовым образцам могут быть предъявлены различные требования.

Образец для эталонной коллекции должен быть достаточно типичным для подразделения и разновидности пород. Нормальный размер его 9 x 12x 3 см. Обычное требование к образцу - наличие свежих поверхностей. Однако, как отмечал ещё В.А. Обручев, при недостатке времени для рядовых случаев необязательно заниматься выкалыванием стандартного образца, достаточно лишь, чтобы он имел три поперечных свежих скола. В дополнении к этому следует заметить, что в ряде случаев структурные и текстурные особенности породы значительно рельефнее видны на выветриваемой поверхности породы (а иногда только на ней!). В таких случаях сохранение выветрелой

поверхности обязательно. Многие образцы сопровождаются по сколам породы для шлифа обязательно из того же куска.

Образец и шлиф отмечаются в документации естественного или искусственного обнажения, из которого они отобраны, наносятся на зарисовку (если она делается), снабжаются этикеткой установленного образца и заносятся в каталог образцов.

Номер образца должен соответствовать номеру обнажения, точке наблюдения, горной выработке или буровой скважине. При отборе нескольких образцов они различаются прибавлением через дефис порядковой цифры, например, обр. I4-I, 14-2 и т. д. Применение букв для различения образцов (например, 14-A, 14-B и т.д.) не рекомендуется, так как для протяженных обнажений и горных выработок и для скважин значительной глубины букв может не хватить. Самостоятельная (независимая от номера обнажения, скважины и т.п.) нумерация образцов воспрещается.

Пробы горных пород, полезных ископаемых и др. бывают нескольких видов:

- штафные пробы - образцы горных пород 150-500 г, отбираемые из одного участка;
- сколковые пробы - составленные из небольших (10-25г) обломков породы, взятых в различных частях изучаемого обнажения или его обособленной части с расчетом получения общей массы пробы 150-500 г;
- бороздовые пробы - отбираются сплошной или пунктирной бороздой, пересекающей весь опробуемый объект при сечении борозды 10x5 или 20x10 см; применяется в основном при изучении полезных ископаемых для получения усредненной характеристики полезных компонентов во всем геологическом теле.

Все пробы, отбираемые из естественных обнажений, горных выработок и буровых скважин, обязательно включаются в их описание, их положение изображается на зарисовках. Пробы снабжаются этикеткой единого образца и фиксируются в журналах проб.

#### **2.4. Графическая документация геологических объектов**

Графическая документация в виде различного рода зарисовок и фотографий часто применяется в практике геолого-съемочных и поисковых работ, особенно при описании обнажений и геологоразведочных выработок. В настоящей главе содержатся общие рекомендации и специально рассмотрены правила графической документации геологоразведочных выработок, для которых зарисовка является обязательной частью всей документации. Содержание документации не рассматривается, так как оно изложено ранее.

Зарисовки и фотографии геологических объектов являются документами, которые в целом ряде случаев невозможно заменить словесным описанием. Известно, насколько трудно, пользуясь словесным описанием, найти в изученном геологическом объекте все то, что видел автор. Ведь любое описание неполно. Кроме того, язык описания достаточно бледен при фиксации деталей объекта и их пространственных соотношений, тогда как рисунок и фотография обладают наглядностью, т.е. позволяют с необходимой - степенью детальности получить информацию при рассмотрении документа, не пользуясь описанием.

Рисунок и фотография объективно передают все особенности и детали изученного геологического объекта, они дают возможность выделить главное в объекте, что присуще только ему и чем он отличается (или чем сходен) от других аналогичных объектов.

Чтобы рисунок или фотография обладали всеми свойствами документа - носителя объективной информации, они должны в той или иной форме иметь:

- точную географическую привязку;
- ориентировку плоскости рисунка или фотографии;
- масштаб;
- заголовок;
- пояснительные надписи;

- указания на авторство рисунка или фотографии (если они приводятся не в дневнике или журнале).

Графическое документирование любого геологического объекта предусматривает выполнение ряда операций, объемы и методы выполнения которых могут в достаточно широких пределах меняться в зависимости от цели работ и изучаемого объекта:

- подготовку фотоаппаратуры, принадлежностей для рисования, бумаги, дневников, компаса и т.д.;

- привязку - ориентирование плоскости рисунка или фотографии;

- при осмотре геологического объекта выделение отдельных частей и установление мест, где должны быть сделаны зарисовки или фотографии;

- разметка, ведущаяся как для облегчения зарисовок (соблюдение верных соотношений между частями объекта), так и для масштаба при фотографировании.

Под названием "Полевые зарисовки обнажений" объединяется большая группа графических документов, различающихся между собой содержанием и детальностью. Несмотря на то, что выполняемая человеком зарисовка передает его восприятие объекта, вследствие чего, казалось бы, является сугубо субъективной, она вполне объективно отражает облик и состояние объекта и является надежным документом.

Зарисовки в их практическом применении имеют ряд преимуществ перед фотографией. Даже при достаточном опыте и наличии всей необходимой аппаратуры и фотоматериалов хорошую фотографию геологического объекта получить не всегда возможно: объект съёмки может быть мало выразительным, могут быть неблагоприятные условия освещенности или погоды. Кроме того, детали геологического объекта, представляющие наибольший интерес, могут оказаться невыразительными вследствие слабой цветовой или тоновой контрастности. Во всех этих случаях получение удовлетворительного снимка практически невозможно, тогда как полевая зарисовка позволяет не только изобразить, но и подчеркнуть наиболее важные характеристики изучаемого объекта.

Зарисовка в отличие от фотографии не передает объект во всех подробностях, цель ее - максимально объективное изображение особенностей объекта, представляющих интерес для данного исследования. При этом все детали, не имеющие прямого отношения к целевому назначению рисунка, опускаются. Правильно выполненный и оформленный рисунок максимально лаконичен и вместе с тем обладает большой информативностью, четок и точен в изображении всего, что привлекло внимание исследователя.

Для того чтобы рисунок обладал всеми указанными свойствами и удовлетворял всем предъявлявшимся требованиям, при его исполнении следует придерживаться определенных правил:

1) Масштаб зарисовки выбирается в зависимости от сложности изображаемого объекта и необходимой степени детализации. Масштаб должен быть выдержан на всей зарисовке во всех частях объекта. При необходимости отдельные части объекта, представляющие особый интерес, изображаются в более крупном масштабе, но уже на другом рисунке;

2) Зарисовки делаются четко и ясно, линиями различной толщины, без штриховки и тем более растушевки;

3) Второстепенные детали, вводимые в рисунок для масштаба (деревья, дома), выполняются схематически;

4) Зарисовка должна иметь географическую привязку, соответствующую привязке объекта в описании. Если на зарисовке изображается только часть объекта, делается привязка к объекту;

5) Плоскость зарисовки должна быть ориентирована;

6) Зарисовка должна иметь заголовки, необходимые поясняющие надписи и условные обозначения (в дневнике условные обозначения могут быть указаны в начале);

- 7) На рисунке указываются места, в которых делались измерения элементов залегания и их числовые значения и места отбора образцов и проб и их номера;
- 8) Все данные, помещаемые на рисунке, должны совпадать с записями в дневнике;
- 9) Запись в дневнике должна содержать ссылку на рисунок.

В соответствии с объектом и масштабом изображения, а также степенью его детальности можно выделить несколько типов зарисовок, различающихся техникой исполнения.

**Схема** – мелкомасштабная зарисовка, выполненная в условной манере, в приближенном или относительном масштабе. Ее назначение – пояснение записей в дневнике, указание на порядок записей или отбора образцов и т.д. Схема, поскольку она привязана к тексту дневника, обычно выполняется на левой стороне разворота. Если записи в дневнике ведутся шариковой ручкой, то и схему можно выполнять ею же. Схема снабжается надписями, поясняющими цель, с которой она выполнена, и детали изображения.

**Зарисовки обнажений** и их отдельных частей в зависимости от характера могут проводиться в проекции на вертикальную и наклонную плоскости, а также на разные плоскости, если обнажение расположено на склоне с уступом. В последнем случае зарисовка сопровождается дополнительной схемой, показывающей взаимоотношения и положение отдельных частей обнажения, спроецированных на разные плоскости, и указанием (текстовым или графическим знаком) на плоскость проекции. Соблюдение определенного масштаба и пропорций между отдельными частями обнажения достигается предварительной разметкой путем установки через определенное расстояние вешек или каменных пирамидок.

**Крупномасштабные зарисовки** отдельных частей обнажений выполняются с возможно более точным соблюдением масштаба и относительного расположения деталей, однако, без загромождения рисунка незначительными подробностями. Для выполнения такой зарисовки разметка обнажения делается более тщательно – обычно с помощью рулетки, натянутой поперек зарисовываемой площади, и в особо сложных случаях – двух рулеток (мерных реек, веревок с узлами и т.п.), натянутых крестообразно (горизонтально и вертикально) в плоскости рисунка.

Зарисовки разнообразных трещин и линейных тектонических структур проводятся с большой тщательностью и точностью в соблюдении размеров, ориентировки и их взаимного расположения. При этом рисуются только главные, наиболее характерные трещины. При изображении систем трещин необходимо дать представление о густоте трещин, принадлежащих к каждой системе. Все измерения помещаются на рисунке с указанием места, где они сделаны.

**Фотосъемка в маршруте.** Подготовка к маршрутной съемке начинается еще перед выездом на полевые работы. При изучении материалов предыдущих исследований: по району предстоящих работ составляется представление о его геологическом строении и возможных объектах фотографирования, достаточно полно характеризующих наиболее интересные особенности района в соответствии с задачами проектируемых полевых работ.

**Порядок фотосъемки в маршруте.** При фотографировании геологических объектов в маршруте не следует жалеть пленки: по возможности надо фиксировать все имеющее значение для целей исследования. Возможно, что встреченный объект уникален и случая зафиксировать его на пленку больше не представится. Даже если аналогичные объекты будут встречаться в дальнейшем, их надо фотографировать: снимки можно сравнить, отмечая черты сходства или, напротив, различия, зафиксированные объективом.

Фотосъемка геологических объектов представляет собой ряд последовательно выполняемых операций, каждая из которых в известной степени определяет качество будущего снимка.



1. Точка съемки выбирается с учетом характера объекта и цели, с которой делается снимок. При этом следует иметь в виду:

а) свет на объект должен падать спереди и несколько сбоку. Детали объекта при этом выглядят более контрастно, а сам объект приобретает объемность. Это особенно важно при фотографировании обнажений. Лучше всего для съемки подходит рассеяно направленный свет, который дает солнце за тонким слоем облаков. При этом тени на объекте получаются не чрезмерно контрастными;

б) нормальная высота точки съемки соответствует уровню глаз человека. При этом фотография передает неискаженное представление об объекте - такое, каким видит его наблюдатель в обычных условиях.

2. Определение границ кадра и его композиция. В кадре должен помещаться фотографируемый объект целиком или его определенные детали, а в некоторых случаях и окружающее объект пространство (если необходимо зафиксировать взаимоотношения фотографируемого объекта с другими объектами или показать его положение в пространстве). В соответствии с этим граница кадра выбирается горизонтальной или вертикальной. Если с данной точки зрения изображение, размещающееся в кадре, не соответствует поставленной цели, границы кадра можно регулировать одним из следующих методов:

а) подойти ближе или, напротив, отойти подальше;

б) применить сменную оптику;

в) сделать панорамный снимок.

В кадре должно располагаться лишь то, что необходимо для цели документации.

3. Масштаб снимка должен быть показан в каждом кадре. Это достигается размещением в кадре предметов, которые могут служить масштабом: при фотографировании крупных обнажений - фигура человека, разметка вешками или пирамидами камней, при съемке деталей обнажений - молоток, компас и т.д., при съемке мелких деталей - линейка с сантиметровыми делениями.

### **3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ**

Студенты, участвующие в геологических экскурсиях должны знать элементарные правила по технике безопасности. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение, казалось бы, элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Геологические экскурсии должны проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с «Правилами безопасности при геологоразведочных работах».

Перед геологическими экскурсиями все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители экскурсий перед их началом обязаны провести специальный инструктаж всех школьников об условиях экскурсий, правилах безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый школьник расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проходить дополнительный инструктаж о мерах предотвращения наиболее вероятных для данного района работ опасностей и несчастных случаев.

Каждый работающий, заметивший опасность, угрожающую людям, обязан принять зависящие от него меры для ее устранения и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Руководитель обязан принять меры к устранению

опасности; при невозможности устранения опасности прекратить работы, вывести работающих в безопасное место.

Запрещается во время работы и во время перерывов располагаться в траве, кустарнике и других не просматриваемых местах, если на участке работ используются транспортные средства.

Запрещается допускать к работе лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, а также в болезненном состоянии. Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспечить ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание о порядке проведения маршрута, правилах передвижения применительно к местным условиям;

в) нанести на свою карту линию намеченного маршрута группы.

В дни, когда по прогнозу погоды затяжной дождь, сильный ветер, выходить в маршруты запрещается.

Если затяжной дождь, густой туман застает группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При оставлении кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

В маршрутах каждому участнику рекомендуется надевать яркий шарф, косынку или рубашку для обеспечения лучшей взаимной видимости.

Запрещается употреблять в пищу неизвестные грибы, ягоды и рыбу во избежание возможного отравления.

Использование для питьевой воды минеральных источников, бальнеологические свойства которых неизвестны, запрещается, не рекомендуется также купаться в них.

При движении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим. Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается.

Особое внимание в маршрутах необходимо уделять мерам предупреждения тепловых и солнечных ударов. В жаркие безветренные дни работать с непокрытой головой не разрешается.

Одежда не должна стеснять движений при работе, обувь обязательно подбирается по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

При проведении маршрутов в лесу особенно строго должны соблюдаться правила зрительной и голосовой связи.

Передвижение через лесные завалы разрешается только с соблюдением соответствующих мер предосторожности.

На участках, заросшей высокой и густой травой, рекомендуется начинать работу после высыхания росы.

При работе в лесу следует строго соблюдать меры пожарной безопасности.

Бросать в лесу непотушенные спички и окурки запрещается. Костры разрешается разводить лишь в местах, где исключена возможность возникновения пожара.

При малейшем признаке лесного пожара (запах дыма, гари, бег зверей и полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне.

При возникновении пожара необходимо приступить к его тушению с помощью всех имеющихся средств и одновременно сообщить об этом местным органам власти.

При передвижении по горелым лесам и торфяникам следует соблюдать особую осторожность.

При проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей рекомендуется плотно застегивать одежду и 3-4 раза в день осматривать тело и одежду.

При отборе образцов в выработках должны применяться меры по защите от падения кусков породы со склона и бортов выработки.

При одновременной работе двух или более проботборщиков на одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5 м.

Если произошел несчастный случай или школьник почувствовал недомогание, то следует:

- прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих, и сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить руководителю, при необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Для оказания первой помощи при ранениях и кровотечениях необходимо на рану наложить стерильный бинт, предварительно смазать настойкой йода очищенный от грязи участок вокруг раны. При сильном кровотечении необходимо наложить выше раны жгут не более чем на 1.0 – 1.5 часа.

По окончании рабочего времени привести в порядок снаряжение и другие принадлежности. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

#### 4. ПОЛЕВОЕ СНАРЯЖЕНИЕ

Вполне очевидно, что успешное проведение геологических маршрутов (экспедиций) в существенной мере зависит от обеспеченности участников соответствующим оборудованием, снаряжением и материалами. Подчеркнем специально, что при ведении полевых исследований все необходимое должно «быть под руками». При этом ничего не должно быть лишнего. В таблице приведен список необходимых «вещей» для полевой бригады, состоящей из 5 человек.

п./п.	№ др.	Наименование оборудования, снаряжения и др.	Кол-во (шт.)
1		Полевая книжка (пикетажка)	5
2		Геологический молоток	1
3		Компас горный	1
4		Лупа с десятикратным увеличением	1
5		Карандаш простой (мягкий и твердый)	10
6		Транспортир	1
7		Авторучка шариковая	10
8		Рулетка 10 м	1
9		Сумка полевая	5
10		Рюкзак (желательно непромокаемый)	1
11		Мешочки пробные	20
12		Линейка 30 см	2
13		Фотоаппарат	1
14		Аптечка универсальная	1

## **5. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ**

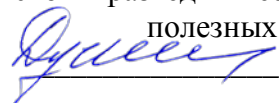
В результате геологических экскурсий накапливается большой фактический материал: коллекции минералов и горных пород, остатки ископаемых животных и растений, образцы полезных ископаемых, графический материал. Все это может составить основу тематических выставок и стендов.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений

полезных ископаемых  
 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

Специальность:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация

***Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ  
(название кафедры)

Протокол № 1 от 23.09.2021

(Дата)

Екатеринбург

## Содержание

	Стр.
Введение	3
1. Организация и методика проведения практики	-
1.1. Организационные вопросы	-
1.1.1. План проведения практики	-
1.1.2. Снаряжение учебных групп	4
1.1.3. Устройство и ликвидация лагеря	5
1.1.4. Правила техники безопасности при геологических исследованиях	-
1.2. Методические вопросы проведения практики	6
1.2.1. Рекогносцировочный этап практики	-
1.2.1.1. Методика проведения рекогносцировочных маршрутов	7
1.2.1.2. Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики	-
1.2.1.2.1. Требования к составлению и оформлению отчета	-
1.2.1.2.2. Содержание разделов пояснительной записки	8
1.2.1.3. Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики	12
1.2.2. Площадная геологическая съемка	-
1.2.2.1. Составление опорной сети наблюдений	13
1.2.2.2. Изучение коренных пород	-
1.2.2.3. Изучение рыхлых отложений	14
1.2.2.4. Гидрогеологические наблюдения	-
1.2.2.5. Составление полевой документации	15
1.2.2.6. Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков	-
1.2.2.7. Эколого-геологические наблюдения	-
1.2.2.8. Составление отчета по площадной съемке	16
1.2.2.9. Аттестация работ по площадной съемке	17
2. Приемы полевых геологических наблюдений	-
2.1. Ведение полевой книжки	18
2.2. Работа с горным компасом	-
2.2.1. Устройство горного компаса	-
2.2.2. Понятие элементов залегания горных пород	19
2.2.3. Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей	21
2.2.4. Определение превышений точек рельефа	22
2.2.5. Привязка точек наблюдения	23
2.3. Изучение обнажений горных пород	26
2.3.1. Типы обнажений горных пород	-
2.3.2. Привязка обнажений	-
2.3.3. Описание горных пород	27
2.3.4. Наблюдение структурных элементов	-
2.3.5. Отбор образцов горных пород	28

2.3.6.	Зарисовка обнажений	29
2.4.	Первичная обработка полевых материалов	33
2.4.1.	Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек	-
2.4.2.	Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов	34
3.	<b>Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района</b>	<b>35</b>
3.1.	Физико-географический очерк	-
3.2.	История геологического изучения района	36
3.3.	Геологическое строение района	38
3.3.1.	Стратиграфия	-
3.3.1.1.	Палеозойская эратема	-
3.3.1.2.	Мезозойская эратема	42
3.3.1.3.	Кайнозойская эратема	44
3.3.2.	Интрузивные образования	51
3.3.2.1.	Среднеордовикские интрузии	-
3.3.2.2.	Раннеордовикские интрузии	-
3.3.2.3.	Среднедевонские интрузии	52
3.3.2.4.	Раннекаменноугольные интрузии	-
3.3.2.5.	Ранне-среднекаменноугольные интрузии	53
3.3.2.6.	Позднепермские-раннетриасовые интрузии	-
3.3.3.	Тектоника	-
3.3.4.	Гидрогеология	54
3.3.5.	Геоморфология	55
3.3.5.1.	Речные террасы	56
3.3.5.2.	Карстовые формы рельефа	57
3.3.6.	Полезные ископаемые	-
3.3.6.1.	Горючие полезные ископаемые	58
3.3.6.2.	Металлические полезные ископаемые	-
3.3.6.3.	Неметаллические полезные ископаемые	59
3.3.6.4.	Строительные материалы	-
3.3.6.5.	Подземные воды	-
3.4.	Экологическая характеристика района	-
	Рекомендуемая литература	62
	Приложение 1	63

## Введение

Учебно-методическая геологосъемочная практика студентов 2-го курса геологических и геофизических специальностей Института геологии и геофизики Уральского государственного горного университета проводится в Сухоложском районе Свердловской области в 120 км к востоку от г. Екатеринбурга. База практики расположена на правом берегу р. Пышмы в 500 м. ниже брода против села Рудянского.

В геологическом отношении район расположен на стыке складчатых структур Урала с горизонтально залегающими отложениями чехла Западно-Сибирской платформы, что позволяет познакомить студентов не только с палеозойскими образованиями Уральской складчатой системы, но и с мезозойскими и кайнозойскими отложениями платформенного чехла.

Учебная практика имеет целью закрепить теоретические знания полученные студентами при прохождении курсов структурной геологии и геологического картирования, минералогии, петрографии, палеонтологии и исторической геологии. Ее задачи сводятся к выработке у студентов навыков полевых геологических исследований, приобретаемых в процессе изучения и описания горных пород, руд, ископаемых остатков и дислокаций горных пород во время рекогносцировочных маршрутов по району практики и при самостоятельной геологической съемке.

Руководство практикой осуществляется коллективом кафедры геологии, поисков и разведки МПИ с привлечением преподавателей других кафедр ИГиГ УГГУ.

### 1. Организация и методика проведения практики

#### 1.1. Организационные вопросы

##### 1.1.1. План проведения практики

План проведения практики проводится в стенах университета. Не позднее одного месяца до начала практики проводится организационное (первое) собрание, на котором рассматривается состояние противознцифалитных прививок, представляются руководители групп, объявляется перечень продуктов, снаряжения, деталей экипировки, которые студенты должны взять на практику.

Во время второго организационного собрания студентам объявляются: сроки, задачи практики, место прохождения практики, порядок проезда до базы практики, проводится вводный инструктаж по охране труда, бытовой санитарии, и противопожарной безопасности.

Длительность практики составляет 4 недели и время, отводимое на проведение различных видов работы распределяется следующим образом:

Отъезд и устройство на базе	- 2 дня
Вводные установочные лекции и инструктаж по охране труда на рабочем месте	- 1 день
Рекогносцировочные маршруты студентов	- 8 дней
Камеральные работы и аттестация рекогносцировочного этапа практики	- 5 дней
Площадная геологическая съемка (с камеральными работами и защитой отчетов)	- 7 дней
Ликвидационные работы	- 1 день

Итого: 24 раб. дня (4 недели)

Цикл установочных лекций включает следующие темы:

1. Геологическое строение района практики.



2. Геоморфология и гидрогеология района практики.
3. Инструктаж на рабочем месте при устройстве полевого лагеря и проведении геологических исследований.

После чтения установочных лекций и инструктажа по охране труда при ведении полевых исследований студенты совместно с руководителем академической группы решают внутригрупповые организационные вопросы: разбиваются на бригады по 5-6 человек, договариваются о закупках продуктов, посуды и снаряжения, необходимого для полевой жизни. Группа обеспечивает себя билетами для проезда по железной дороге от ст. Свердловск до ст. Кунара. По прибытии на базу практики студентам отводится два дня (включая день прибытия) для устройства лагеря, организации быта и получения со склада полевого снаряжения и методической литературы. В конце второго дня проводится первое практическое занятие, во время которого студенты обучаются ориентировке на местности, измерению расстояний шагами, описанию обнажений горных пород.

Геологическая практика начинается с прохождения рекогносцировочных маршрутов, во время которых студенты знакомятся с геологическим строением района практики и с методикой описания естественных и искусственных обнажений горных пород, проявлений полезных ископаемых и керна буровых скважин, с методикой геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

После прохождения рекогносцировочных маршрутов каждая бригада составляет отчет, который включает общую характеристику геологического строения Сухоложского района. Отчет защищается перед комиссией, состоящей из преподавателей, находящихся на практике. Защитившие отчет, бригады приступают к проведению площадной и маршрутной съемок.

Практика считается пройденной после защиты отчетов по самостоятельным съемкам.

### **1.1.2. Снаряжение учебных групп.**

Обеспечение групп необходимым снаряжением и оборудованием проводится через старосту и бригадира. Староста получает на базе снаряжение, общее для всех групп: палатки, постельные принадлежности, лопаты, кайла, топоры. Бригадир получает снаряжение на бригаду: чертежные доски, планшеты, методическую литературу, молотки, компасы, лупы и различные графические материалы.

Каждая бригада должна заранее позаботиться о том, чтобы иметь набор цветных карандашей, тушь (красную, черную, синюю, зеленую), иметь ластик, транспортёр, рейсфедер, ручки ученические, линейки, угольники, тетрадь для написания отчета, фотоаппарат, пленки, фотобумагу и реактивы.

Каждая группа должна себя обеспечить посудой, необходимой для приготовления пищи на кострах, запасом продовольствия.

Студент должен быть экипирован применительно к работе в полевых условиях. Минимальный перечень необходимых вещей должен включать:

- костюм из плотной ткани для полевой работы;
- смену белья;
- обувь на рифленой резиновой подошве (туристические ботинки, кеды);
- хлопчатобумажные и шерстяные носки;
- легкую одежду для теплой погоды;
- теплую одежду для прохладной погоды (свитер, теплая кофта, телогрейка, вязаная шапочка);
- плащ и резиновые сапоги на случай непогоды;

- посуду (миску, ложку, кружку);
- туалетные принадлежности;
- складной нож;
- фонарик с запасом батареек;
- средство против комаров и клещей.

Снаряжение учебной группы и ее готовность к прохождению геологических маршрутов проверяется руководителем группы перед выходом в поле.

### **1.1.3. Устройство и ликвидация лагеря**

Каждая академическая группа несет полную ответственность за правильную организацию и оформление места своей стоянки. Основные требования, предъявляемые к полевому геологическому лагерю, сводятся к следующему:

- палатки ставятся выходом на подветренную сторону;
- вокруг палатки должна быть вырыта канавка для стока воды;
- пол в палатке должен быть покрыт специальными щитами, сделанными из досок, или устлан хвойными (или другими) ветками;
- костер должен располагаться с подветренной стороны на расстоянии не менее 10 м. От ближайшей палатки;
- за пределами лагеря должна быть вырыта яма для пищевых отходов и мусора;
- в обязанность группы входит сооружение своими силами обеденного стола с навесом от дождя;
- внутри палаток должна постоянно поддерживаться чистота и порядок.

По завершению практики лагерь должен быть ликвидирован. На территории бывшего лагеря наводится чистота. Колья, крепившие палатки, выдергиваются, все временные сооружения ликвидируются, ямы для пищевых отходов аккуратно засыпаются землей.

Прием убранной территории производится комиссией во главе с руководителем практики.

### **1.1.4. Правила техники безопасности при геологических исследованиях**

Перед выездом на практику все студенты должны сделать противозэнцефалитные прививки.

На базе практики, перед началом рекогносцировочных маршрутов проводится смотр готовности группы к полевым работам: просматриваются снаряжение, обувь, одежда и пр., а также проверяются знания студентами природных условий и правил безопасности производства полевых работ.

В процессе прохождения геологических маршрутов движение перемещающейся группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную видимость или голосовую связь между людьми на случай оказания им необходимой помощи.

В ясный день нельзя уходить в геологический маршрут не защищенным от солнечных лучей. Каждый бригадир обязан в маршруте иметь при себе индивидуальный санитарный пакет.

Во избежание укусов змей передвижение по базе и вне ее производить в обуви. Воду для питья и приготовления пищи брать только из указанных источников.

При передвижении на автомашине запрещается перегруз машины и превышение нормальных габаритов груза. Груз должен быть распределен равномерно; колющие и

режущие инструменты (топоры, вилы, колья) уложены на днище кузова и прочно закреплены; люди расположены с максимально возможными удобствами. Запрещается: стоять в кузове автомашины, сидеть на бортах, перемещаться без надобности, соскакивать и садиться на ходу, курить и т. д.

При передвижении по крутым скалистым откосам запрещается сбрасывать камни, отваливать без надобности неустойчивые глыбы и т.п. Хождение по крутым тропам и карнизам должно быть осторожным. Особое внимание следует обращать на выступающие камни, ветви деревьев, мешающие передвижению. При передвижении по осыпям всегда следует иметь в виду возможность внезапного срыва сверху камней.

При сильной грозе не рекомендуется находиться вблизи одиноких деревьев, а также у металлических матч, держать вблизи себя геологический молоток и прочие металлические предметы.

Отбивание образцов твердых горных пород геологическим молотком должно производиться с предосторожностями, исключающими попадание осколков в лицо.

При проходке легких горных выработок запрещается раскачивать, сдвигать с места крупные валуны и нависшие камни. Во всех случаях работа должна производиться с помощью лома, кирки, лопаты таким образом, чтобы валун, глыба или отслоившийся пласт не могли причинить работающему травму.

Костры разрешается разводить только в защищенных местах, исключающих возможность возникновения пожара. Место костра необходимо окапывать. После ухода с места стоянки костры должны быть потушены.

Купаться разрешается группами, не менее трех человек так, чтобы умеющие плавать вели наблюдение за купающимися. Категорически запрещается купание в ночное время.

Рекомендуется проводить взаимоосмотр ежедневно на предмет наличия клещей.

Руководство практик (группы) должно знать, где находятся люди, и ежедневно проверять их наличие в лагере. Все отлучки из лагеря или из маршрута должны производиться только с ведома и разрешения руководителя практики (группы).

В случае установления факта отсутствия в лагере по неизвестным причинам кого-либо из сотрудников и студентов или невозвращения группы из маршрута в контрольный срок, руководитель практики (группы) обязан немедленно принять розыскные или спасательные меры.

Только после проведения со студентами инструктажа по охране труда ведения полевых работ и при соответствующей экипировки студентов группа допускается к проведению полевых работ.

## **1.2. Методические вопросы проведения практики**

### **1.2.1. Рекогносцировочный этап практики**

Целью рекогносцировочного этапа практики является ознакомление студентов с главнейшими особенностями геологического строения района практики и привитие студентам навыков описания естественных и искусственных обнажений горных пород, производства геоморфологических и гидрогеологических наблюдений. Выполнение этих задач осуществляется путем проведения маршрутов по наиболее информативным геологическим объектам, изучение которых способствует созданию представлений о строении всего района в целом.

### 1.2.1.1. Методика проведения рекогносцировочных маршрутов

В соответствии с программой учебной практики студенты проходят 8 рекогносцировочных маршрутов. Перед началом маршрутов каждая бригада получает нераскрашенную геологическую карту района практики, на которую она должна нанести пройденные маршруты и дооформленную и раскрашенную приложить к отчету по рекогносцировочному этапу практики.

Маршруты ведет руководитель учебной группы. По ходу движения он знакомит студентов с конкретными обнажениями (или с другими какими-либо геологическими объектами) путем демонстрации слагающих их пород, возрастных и пространственных взаимоотношений этих пород, а также разрывных и складчатых дислокаций (если таковые имеются). После этого руководитель дает описание обнажения, которое студенты записывают в свои индивидуальные полевые книжки. По рекомендации руководителя студенты отбирают образцы горных пород, измеряют ориентировку текстурной неоднородности пород и контактов, а также ориентировку дислокаций горных пород. Параллельно с вышеуказанным, руководитель обучает студентов делать привязку обнажения, измерять шагами, производить зарисовки обнажений.

После возвращения из маршрута, в указанные в распорядке дня часы, под руководством руководителя группы студенты проводят камеральную обработку полевых материалов: заполняют журнал образцов горных пород, раскрашивают геологическую карту на участке пройденного маршрута, выносят на карту элементы залегания горных пород, либо объекты, описанные в маршруте, но не отмеченные на карте.

Данные, полученные во время прохождения рекогносцировочных маршрутов, наряду с имеющимся в Методических указаниях описанием района, кладутся в основу представлений о геологическом строении района практики и составляют основной фактический материал по рекогносцировочному этапу практики.

### 1.2.1.2. Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики

После завершения геологических маршрутов каждая бригада распределяет обязанности по составлению отчета и составляет отчет за рекогносцировочный этап практики. Отчет должен включать: 1 – геологическую карту района практики в масштабе 1 : 50 000, 2- карту фактического материала, 3 - пояснительную записку к геологической карте (текстовая часть отчета), 4 – коллекцию горных пород, 5 – индивидуальные полевые книжки.

#### 1.2.1.2.1. Требования к составлению и оформлению отчета

##### **Геологическая карта.**

Геологическая карта, выданная бригадам перед рекогносцировочными маршрутами должна быть раскрашена в соответствии с требованиями к оформлению геологических карт. Раскрашиваются также условные обозначения и геологический разрез. В правом верхнем углу карты должен быть указан шифр учебной группы, номер бригады и вписан состав бригады. На карту должны быть нанесены пройденные маршруты, элементы залегания горных пород, проявления полезных ископаемых и другие объекты, описанные во время маршрутов, но отсутствующие на карте.

##### **Карта фактического материала.**

Карта фактического материала составляется на кальке. На карту должны быть нанесены ручкой или тушью пройденные маршруты и номера точек наблюдений; номера

и места: отбора образцов горных пород, сколков шлифов, находок фауны и флоры, проб на различные лабораторные исследования, микрополигонов для изучения трещиноватости; элементы залегания разрывных нарушений, интервалы (или точки) гидротермальных или метасоматических изменений, зоны (ареалы, точки) рудной минерализации. Линии маршрута должны сопровождаться литологическими знаками горных пород (литологическими «дорожками»).

#### **Пояснительная записка.**

Пояснительная записка к геологической карте района должна включать следующие разделы и главы:

##### **Введение**

1. Физико-географический очерк.
  2. История геолого-геофизических исследований района.
  3. Методика маршрутных исследований
  4. Геологическое строение района
    - 4.1. Стратиграфия
    - 4.2. Интрузивные образования
    - 4.3. Тектоника
  5. Геоморфология
  6. Гидрогеология
  7. Полезные ископаемые
  8. История геологического развития
  9. Экологическая характеристика
- Заключение**

#### **1.2.1.2.2. Содержание разделов пояснительной записки**

##### **Введение**

Во «Введении» указываются: 1 – цели и задачи практики, 2 – место проведения практики, 3 – административное положение, экономика и пути сообщения района практики, 4 – перечень выполненных работ, 5 – состав бригады, 6 – распределение обязанностей по составлению отчета, с указанием авторов глав отчета и его графических приложений.

##### **Физико-географический очерк**

Физико-географический очерк должен содержать сведения об особенностях рельефа Сухоложского района, его гидрографической сети, растительности, животном мире и климате. Здесь же указывается степень обнаженности и проходимости района, категория дешифрируемости аэрофотоснимков.

##### **История исследований района**

Эта глава должна содержать краткую характеристику ранее проведенных в районе геологических и геофизических исследований. В хронологической последовательности должны быть раскрыты основные результаты проведенных работ.

##### **Методика проведенных маршрутных исследований**

В главе приводится перечень пройденных рекогносцировочных маршрутов и их цели, методика полевых наблюдений, виды проведенных камеральных работ.

### **Геологическое строение района практики**

В основе этого раздела должны лежать сведения о геологическом строении района практики, изложенные в соответствующем разделе данных Методических указаний и почерпнутые с геологической карты района м-ба 1:50 000. Студенты только дополняют этот каркас конкретным фактическим материалом, собранным во время рекогносцировочных маршрутов.

### **Стратиграфия**

Глава начинается с общей характеристики стратифицированных образований района: перечисляются развитые в районе стратиграфические подразделения в ранге эратем, приводятся общие сведения об их составе, площадном распространении и условия залегания слагающих их пород. Затем разворачивается последовательная характеристика эратем с соблюдением принятой рубрикации излагаемого материала. Описание ведется в хронологической последовательности от наиболее древних к более молодым и заканчивается характеристикой отложений четвертичной системы. Очень важно, чтобы при описании стратиграфических подразделений соблюдалась четкая их рубрикация с указанием группы, системы, отдела, яруса, зоны. Все заголовки внутри главы должны отражать соподчиненность выделенных стратиграфических единиц, исключая ненужные повторения. Названия стратиграфических подразделений необходимо сопровождать их индексацией.

Характеристика каждой толщи горных пород, выделенных в самостоятельную стратиграфическую единицу, должна приводиться по определенной стандартной форме, облегчающей поиск и усвоение необходимой информации: вначале указывается, какими горными породами сложено данное стратиграфическое подразделение, отмечаются особенности площадного распространения пород данного возраста, положение в главнейших тектонических структурах района, затем характеризуется их состав, текстурные и структурные особенности, после чего дается обоснование возраста и характеристика контактов с подстилающими образованиями. Обязательно приводится перечень руководящих палеонтологических форм, подтверждающих возраст данного стратиграфического подразделения. Заканчивается глава указанием мощности стратиграфического подразделения.

Эффузивные тела покровного типа включаются в состав стратиграфического разреза, и приводится их петрографическая характеристика.

Глава должна быть проиллюстрирована фотографиями и зарисовками, показывающими характер обнажений горных пород того или иного стратиграфического подразделения, особенности его внутреннего строения и характер дислокаций составляющих его пород.

### **Интрузивные образования**

Эта глава начинается с указания интрузивных комплексов, представленных на описываемой территории (совокупностей интрузивных тел, объединенных общностью состава, возраста, условий образования и залегания), которые известны в районе по литературным данным, указаны на геологической карте, а также были встречены при изучении опорных обнажений во время рекогносцировочных маршрутов. Характеристика интрузивных комплексов производится в последовательности: от древних к молодым и от основных (ультраосновных) к кислым.

Относительно каждого интрузивного комплекса указывается следующее: 1 – минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород; 2 – количество, форма (дайка, шток, нэжк и пр.) размеры и внутреннее строение интрузивных тел

(наличие, состав и строение экзо- и эндоконтактных зон, элементы прототектоники); 3 – относительный возраст интрузивных тел.

Все интрузии одного интрузивного комплекса описываются сообща, с указанием каких-то особенностей отдельных тел. Крупные интрузии описываются индивидуально.

### **Тектоника**

В начале главы дается самая общая характеристика структурных особенностей изучаемого района, отмечаются условия залегания стратифицированных образований (складчатое, моноклиналиное, горизонтальное). Затем приводится тектоническое районирование территории (то есть указывается положение района в крупных тектонических структурах). После этого дается подробная характеристика сначала складчатых, а затем и разрывных структур последовательно от крупных к мелким.

Описание **складчатых дислокаций** включает в себя указание: 1 – морфологического и генетического типов складок; 2 – ориентировки складок (простираения относительно сторон света); 3 – ориентировки шарниров складок. На геологической карте, при этом, необходимо показать оси складок и значками показать направления погружения шарниров складок.

Описание **разрывных дислокаций** включает в себя: 1 – разделение всех разломов на группы по ориентировке, кинематическому типу и возрасту; 2 – описание каждой группы разломов (или единичных разломов) с указанием размера; направления и амплитуды перемещения блоков; вида пород, слагающих шовную зону разломов; характера взаимоотношений разломов со складчатыми дислокациями и другими геологическими структурами. При этом, для облегчения поиска на карте описываемых в тексте разломов, рекомендуется надписывать наиболее крупным и характерным разломам (как и складкам) собственные названия, указанные в тексте данного Методического руководства, а не поименованным давать свои названия, или хотя бы номера.

Завершается глава описанием **трещиноватости** пород района. Характеристика трещиноватости сопровождается сводной таблицей замеров трещин и круговой диаграммой ориентировки трещин. В конце описания должны быть сделаны выводы о преобладающих направлениях трещиноватости и её генетических типах.

### **Геоморфология**

В этой главе приводится описание генетических типов рельефа и отдельных его элементов (речных долин и оврагов, уступов, водоразделов), дается детальная характеристика речного террасового комплекса с указанием вида террас (эрозионные, аккумулятивные, эрозионно-аккумулятивные), высоты уступа и размеров площадок каждой террасы. Указывается состав горных пород, слагающих террасы. Производится определение высоты склонов долины реки, вычисляются углы наклонов тальвега логов и оврагов.

Глава сопровождается геоморфологическим разрезом (обычно поперечным профилем долины реки Пышмы), на котором должны быть отражены взаимоотношения различных элементов рельефа и генетических типов четвертичных отложений.

### **Гидрогеология**

В главе «Гидрогеология» описываются подземные воды района практики. Указываются типы развитых в районе подземных вод и закономерности их пространственного размещения. Указываются коллекторские свойства разных видов пород, средний дебит приуроченных к ним выходов подземных вод и их химизм. Приводится описание встреченных во время рекогносцировочных маршрутов родников и их дебит.

### **Полезные ископаемые**

Глава начинается с перечня главнейших типов месторождений полезных ископаемых, известных в Сухоложском районе. Далее приводится краткая характеристика месторождений по выделенным типам. При написании главы должна соблюдаться четкая рубрикация текста. Вначале описываются горючие полезные ископаемые, затем металлические (черные, цветные, благородные металлы), неметаллические, подземные и минерализованные воды, строительные материалы. Кроме описания известных в районе месторождений (эксплуатируемых в настоящее время или законсервированных и отработанных), следует охарактеризовать все зафиксированные в районе рудопроявления и пункты минерализации. Известные в районе месторождения должны быть вынесены специальными условными знаками на геологическую карту Сухоложского района.

При написании главы следует использовать литературные источники и личные наблюдения, произведённые во время рекогносцировочных маршрутов.

Глава иллюстрируется разрезами месторождений, показывающими главнейшие особенности форм залегания рудных тел.

### **История геологического развития**

Характеристика истории геологического развития района должна опираться на вертикальное расчленение горных пород, указанное в стратиграфической колонке. По составу горных пород, их текстурным и структурным особенностям восстанавливаются условия образования осадков, реконструируется палеогеографическая обстановка. Особое внимание уделяется характеристике магматических (эффузивных и интрузивных) процессов и тектонических движений земной коры на различных этапах её развития. Обосновывается последовательность внедрения интрузий различного состава. Производится выделение главнейших фаз складчатости, указывается место появления тех или иных месторождений полезных ископаемых в ходе геологического развития Сухоложского района. Приводятся сведения о геотектонической обстановке.

Глава заканчивается характеристикой признаков проявления неотектонических движений и историей формирования современного рельефа.

### **Экологическая характеристика**

В главе приводятся сведения о эколого-геологической ситуации района по личным наблюдениям при проведении маршрутов. Дается характеристика природных неблагоприятных геологических объектов и процессов. В начале главы приводятся сведения об объектах экзогенного происхождения: оползнях, обвалах, осыпях, оврагах, селях, выходах скальных пород, карстовых формах, участках вспучивания грунтов либо проседания, границы паводковых затоплений, заболачивания, участках активной аккумуляции речных и временных водотоков, участках эрозии русловой (интенсивное врезание) и боковой (подмыв берегов).

Далее приводятся сведения о техногенных объектах, нарушающие и загрязняющие среду, а также потенциально опасные для жизни. К таковым относятся карьеры, отвалы, хвостохранилища, заводы и фабрики, очистные сооружения, свалки, склады ГСМ, минеральных удобрений и ядохимикатов, населенные пункты, животноводческие фермы, навозохранилища, участки лесозаготовок, железные и автомобильные дороги, пахотные земли, линии ЛЭП, газопроводы, нефтепроводы.

Приводятся сведения о загрязненности водотоков.

В заключение главы дается характеристика ландшафтов: природных – лесных, луговых, болотных; техногенных: техногенно-образованных (карьерные поля, свалки, отстойники) и техногенно-измененных (промышленные зоны городов и рабочих поселков,



загрязненные участки почвогрунтов и поверхностных вод). Сведения о ландшафтах рекомендуется представлять в табличной форме (в процентах от площади развития).

### **Заключение**

В "Заключении" даются основные выводы о геологическом строении изученного района. Указывается, что остаётся неясным и вызывает сомнения, даются рекомендации о направлении дальнейших исследований.

К отчету по рекогносцировочному этапу практики прикладывается коллекция горных пород, собранная во время маршрутов. Коллекция должна включать главные виды горных пород района практики, образцы минералов и ископаемых органических остатков. Правила отбора и маркировки образцов и заполнения журнала образцов приведены на стр. настоящего пособия.

К отчету прикладываются также индивидуальные полевые книжки членов бригады. Они должны быть оформлены в соответствии с предъявленными требованиями (стр. настоящего пособия) и содержать описания всех пройденных бригадой маршрутов. Неаккуратно заполненные или имеющие пробелы в описании маршрутов полевые книжки возвращаются на доработку.

Отчет за рекогносцировочный этап практики защищается перед комиссией состоящей из преподавателей проводящих учебную практику.

### **1.2.1.3. Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики**

Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики проводится по двум аспектам: сдача коллоквиума и защита отчета. Аттестация проводится путём собеседования раздельно по каждому аспекту, или одновременно по обоим.

Коллоквиум включает опрос студентов на предмет знания методики полевых наблюдений, порядка изложения содержания глав отчета и просмотр индивидуальных полевых книжек. Аттестация за коллоквиум индивидуальна. Студент, не показавший достаточных знаний вопросов коллоквиума, приглашается на повторное собеседование.

Защита отчета включает общую оценку отчета, как результирующего отчетного материала за пройденный рекогносцировочный этап практики, и оценку знаний членами бригады геологического строения и горных пород района практики.

Оценка конкретно отчета включает: полноту содержания глав отчета; полноту использования материалов, полученных во время рекогносцировочных маршрутов; содержание и правильность оформления внутритекстовой графики, геологической карты и журнала образцов.

Защита отчета принимается при общей положительной оценке отчета как результирующего документа и при знании студентами геологии района (каждым персонально).

Не принятый отчет возвращается на доработку, а студент, не знающий геологии района, приглашается на повторное собеседование. Бригада, не аттестованная за рекогносцировочный этап практики, не допускается к выполнению следующего задания - площадной геологической съёмки.

### **1.2.2. Площадная геологическая съёмка**

После аттестации рекогносцировочного этапа практики студенты приступают к проведению площадной геологической съёмки. С этой целью каждой бригаде выделяется участок, контуры которого задаются руководителем группы. Учитывая в общем плохую оснащённость района практики, участки для съёмки выделяются по долинам реки Пышмы

и её крупным притокам. Размер участка, выделяемого бригаде для самостоятельного картирования при масштабе съёмки 1:1000 составляет 500x500 м.

#### 1.2.2.1. Составление опорной сети наблюдений

Перед проведением площадной геологической съёмки каждой бригаде выдаётся топографическая основа будущей геологической карты. Руководитель группы указывает каждой бригаде на местности начало и конец участка на одном из берегов реки и направление линий, ограничивающих участок. Далее студенты сами прокладывают на местности (вдоль берега реки) линию опорных пикетов, к которой будут привязывать в последующем точки наблюдений и геологические маршруты. Рекомендуется пикеты располагать на таких расстояниях друг от друга, чтобы они (пикеты) совпадали с профилями сети наблюдений. Требуемый размер сети наблюдений - 50x50 м (расстояние между профилями, вдоль которых будут проходить геологические маршруты - 50 м, расстояние между пикетами в профилях - также 50 м). Координаты углов полигонов определяются с помощью топопривязчика.

#### 1.2.2.2. Изучение коренных пород.

Главной задачей геологической съёмки является установление особенностей геологического строения выделенного бригаде участка. Бригада в начале работ производит рекогносцировку местности с целью выявления всех естественных обнажений, которые могут быть детально изучены и описаны. Главным методом съёмки в конкретных условиях является сплошное оконтуривание обнажений и прослеживание контактов. На участках сплошного выхода горных пород, после их оконтуривания, можно ставить на карте точки с указанием номера обнажений и привязывать к ним произведенные в поле наблюдения. Вблизи этих точек на полевой карте указываются, элементы залегания слоистости, сланцеватости и пр.

Первая задача, которая стоит перед бригадой, заключается в выделении главнейших типов горных пород. При этом следует иметь в виду, что диагностика горных пород в поле - дело нелегкое, требующее определённых навыков и предварительного изучения образцов под микроскопом. В первую очередь необходимо обнаружить признаки сходства или различия выделенных разновидностей и положить их в основу определения типа горных пород. В поле можно дать предварительное (условное) название породы, но очень важно, чтобы одинаковые по видимым признакам горные породы назывались одинаково.

Вторая задача, которую приходится решать бригаде, заключается в установлении последовательности напластований. Решение этой задачи становится возможным при детальном изучении контактов между различными типами горных пород. Особенно это трудно делать при картировании чередующихся между собой лавовых покровов, потоков и их туфов. Однако в любых случаях приходится опираться на имеющийся Фактический материал и составлять на его основе представление о стратиграфической последовательности напластований, мощности стратифицированных толщ. Выводы, сделанные в результате проведенных на участке наблюдений, кладутся в основу стратиграфической колонки изученного участка.

Третья и наиболее сложная задача, стоящая перед бригадой, сводится к выявлению структуры закартированного участка. Сложность этой задачи заключается в том, что представления о структурах обычно рождаются на базе отрывочных сведений. В обнажениях горных пород встречаются лишь элементы той цельной структуры, которая должна быть осмыслена и отражена на геологической карте. Часто возникают такие

ситуации, когда нельзя дать однозначной интерпретации структурных наблюдений и приходится останавливаться на том или ином варианте, с которым наиболее полно согласуется имеющийся фактический материал.

В процессе проведения структурных наблюдений рекомендуется шире использовать проходку канав и расчисток. На территории участков, задернованных и покрытых лесом, контакты между различными типами горных пород экстраполируются с учётом элементов залегания в изученных обнажениях и общей структуры участка. В связи с недостаточной обнажённостью и невозможностью проходки нужных объёмов горных выработок, составленная бригадой геологическая карта обычно несёт в себе элементы гипотетичности.

Бригада не имеет права закончить полевые работы, пока не будет составлена и принята руководителем академической группы полевая геологическая карта. Бригада обязана также провести необходимый комплекс геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

### 1.2.2.3. Изучение рыхлых отложений

Кроме изучения коренных пород, при геологической съёмке выделенного бригаде участка производится детальное изучение рыхлых отложений. Главной задачей, стоящей перед бригадой, является выделение основных генетических типов пород четвертичной системы и установление их возрастных соотношений. На некоторых участках встречаются реликты мезозойской коры выветривания. Особое внимание обращается на возрастное расчленение аллювиальных отложений и оконтуривание поймы, высокой поймы, первой, второй и более высоких надпойменных террас. При наличии аллювиальных галечников определяется петрографический состав, размерность, формы, степень окатанности для 100 галек, непредвзято отобранных (лучше ведром). По процентным соотношениям строятся диаграммы, пригодные для корреляции одновозрастных отложений, а также для определения пригодности галечников в качестве полезного ископаемого (строительного материала). При отсутствии естественных обнажений рекомендуется на уступе террасы пройти канаву или сделать расчистку и дать детальное описание слоев, слагающих террасовый комплекс. Кроме выделения аллювиальных отложений, необходимо оконтурить площади развития и составить описание элювиальных, делювиальных и элювиально-делювиальных, а также озёрно-болотных отложений. Осыпи выделяются как коллювиальные отложения.

Обязательным для бригады является составление геоморфологического профиля с показом на нём всех особенностей пространственно-возрастных соотношений четвертичных отложений различных генетических типов.

### 1.2.2.4. Гидрогеологические наблюдения

В процессе геологического изучения выделенного бригаде участка должно быть обращено внимание на обследование всех выходов на поверхность подземных вод (источников). В пикетажных книжках необходимо дать описание каждого источника с указанием его относительной отметки, характера проявления (небольшой родник или общее просачивание подземных вод, группа родников и т.д.). В обязанность бригады входит определение расхода воды (дебита), в источниках путем заполнения мерной емкости. Поделив объём ёмкости на время ее заполнения, получают величину расхода воды в л/сек

#### 1.2.2.5. Составление полевой документации

При проведении самостоятельной геологической съёмки обычно заполняется одна полевая книжка на двух членов бригады (на маршрутную пару). Требования к описанию обнажений те же, что и при проведении рекогносцировочных маршрутов. Нумерация точек наблюдений сквозная для всех маршрутных пар. Это значит, что каждая маршрутная пара имеет свой интервал номеров, не перекрывающийся с номерами других маршрутных пар.

Полевая геологическая карта составляется на стратиграфической основе с использованием цветной легенды. Горные породы обозначаются крапом (штриховыми знаками), а интрузивные также и цветом состава. Измеренные элементы залегания текстурной неоднородности пород или контактов показываются соответствующими условными знаками.

На полевой геологической карте четвертичные отложения должны быть расчленены по генезису и по возрасту. Кроме этого на карте должны быть указаны и формы рельефа: низкая и высокая поймы, надпойменные террасы, гребни водоразделов.

Полевая геологическая карта выполняется на миллиметровке, прикреплённой для удобства пользования к фанерному планшету.

Канавы должны документироваться в виде развертки, отражающей особенности строения слоистой толщи на каждой её стенке. При расчистках документируются лишь коренные породы. Обязательно должен быть указан масштаб и ориентировка (азимут) одной из стенок горной выработки.

#### 1.2.2.6. Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков

В отличие от коллекции горных пород за рекогносцировочный этап практики коллекция при площадной съёмке состоит из образцов двух типов - демонстрационных и рабочих.

Во время площадной геологической съёмки, рекомендуется брать образцы всех разновидностей пород из всех обнажений. Это помогает объективно выделить площади развития различных пород при просмотре образцов всеми маршрутными парами, участвующими в съёмке участка. Это позволяет также проконсультироваться с руководителем по любому обнажению или фрагменту участка, тем более что он не всегда может осмотреть (вместе со студентами) весь участок. В итоге получается большое количество образцов, многие из которых дублируют друг друга. По этой причине коллекцию пород, собранную при площадной съёмке, рекомендуется делить на две части - демонстрационные образцы и рабочие. Демонстрационные образцы (как представители группы пород) представляются на защиту отчета, а рабочие оставляются (и предназначаются) для решения спорных вопросов. Рабочие образцы могут иметь меньшие размеры и нестандартную форму.

#### 1.2.2.7. Эколого-геологические наблюдения

Эколого-геологические наблюдения проводятся попутно при геологических маршрутах. Встреченные объекты экзогенного, либо техногенного происхождения отображаются на полевых картах в значковой форме. В полевой документации дается характеристика каждому объекту: параметры, степень опасности для людей и животных,

генезис. В полевых книжках фиксируются также границы ландшафтов и дается краткая их характеристика: растительность, микрорельеф, почвы.

При составлении карты четвертичных образований окантуются ландшафты, селитебные зоны (жилая застройка), рекреационные (участки, действующие или рекомендуемые для отдыха населения).

#### 1.2.2.8. Составление отчета по площадной съёмке

Отчёт по площадной съёмке строится по тому же плану, что и отчёт по рекогносцировочному этапу практики. Можно упустить лишь главу "История геолого-геофизических исследований" и дать сокращённое описание главы "Физико-географический очерк" - упустить сведения о климате и экономическую характеристику описываемого участка. Не нужно смущаться, что содержание глав при описании геологии участка будет отличаться небольшим объёмом. Важно, чтобы в их основе лежали материалы личных наблюдений, собранные бригадой при изучении горных пород данного участка. Полнота глав, их насыщенность фактическим материалом, по сути, и характеризуют собой качество самостоятельной работы бригады, творческую инициативу и пытливость её членов, степень их общей теоретической подготовки.

Текст отчёта должен быть иллюстрирован фотографиями и зарисовками обнажений, таблицей замеров трещин и круговыми диаграммами трещиноватости, ритмограммами слоистых толщ и стратиграфическими колонками составленными в поле по обнажениям.

Внутритекстовые графические приложения выполняются на ватмане, в туши. Фотографии также должны быть аккуратно оформлены на вкладных листах. Зарисовки и фотографии необходимо сопровождать подрисовочным текстом, раскрывающим смысл помещения в отчёт данной иллюстрации. Фотографии, зарисовки, схемы и диаграммы должны иметь единую нумерацию (рис. и цифра). Таблицы нумеруются отдельно.

По каждому закартированному участку составляются три чертежа:

1. Геологическая карта.
2. Карта четвертичных отложений.
3. Карта фактического материала.

**Геологическая карта** выполняется на ватмане. На неё наносятся горизонтали рельефа, гидрографическая сеть и прослеженные в поле геологические границы: литологические, стратиграфические, интрузивные и тектонические. Выделенные на участке стратиграфические подразделения раскрашиваются цветом, соответствующим возрасту горных пород. При этом более древние образования одной системы должны иметь более темные тона, а более молодые образования - более светлые. Литологический состав стратифицированных толщ указывается штриховыми условными обозначениями. Геологическая карта сопровождается стратиграфической колонкой, разрезом и условными обозначениями. Раскраска интрузивных тел производится соответственно их составу. Обязательно указываются элементы залегания слоистости, кливажа и геологических границ, если их ориентировка была измерена.

Составители геологической карты должны обращать внимание на строгое соответствие изображения структур в плане с их конфигурацией на разрезе. Последовательность напластований, показанная на разрезе, должна соответствовать данным стратиграфической колонки. При оформлении геологической карты должны соблюдаться требования, предъявляемые к размерам шрифта, типам условных обозначений и пр.

**Карта четвертичных** (или рыхлых) отложений выполняется на ватмане. Разными цветами раскрашиваются площади распространения различных генетических

типов отложений четвертичной системы (аллювиальные, делювиальные, пролювиальные и др.). Оконтуриваются и раскрашиваются одинаковым цветом выходы коренных пород. Наносятся уступы речных террас.

Карта сопровождается геологическим разрезом и схемой возрастных взаимоотношений генетических типов пород четвертичной системы.

На карте отражаются элементы геолого-экологической обстановки (штриховкой, значками).

**Карта фактического материала** выполняется на кальке на топографической основе. На неё наносятся все точки наблюдения с учетом степени обнаженности (обнажения, элювий, делювий) с указанием их номера. Пройденные геологические маршруты указываются линиями. Выходы коренных пород оконтуриваются пунктирными линиями. На карту наносятся основные геологические границы и пункты отбора и номера фауны и флоры, образцов, проб.

### 1.2.2.9. Аттестация работ по площадной съемке

Аттестация этапа площадной съемки проводится путем защиты отчета. Отчет защищается перед создаваемой для этих целей комиссией. Отчет комиссией оценивается по тем же критериям, что и отчет по рекогносцировочному этапу практики.

## 2. ПРИЁМЫ ПОЛЕВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Полевые геологические наблюдения проводятся с целью изучения горных пород, их взаимоотношений и особенностей залегания. Это изучение в условиях учебной геологической практики заключается, в основном, в описании обнажений горных пород, состоящем из ряда операций: 1 - привязка обнажения; 2 - определение состава и строения горных пород, формы и условий их залегания; 3 - выяснение пространственных и временных соотношений горных пород; 4 - отбор образцов и остатков ископаемых организмов; 5 - зарисовка или фотографирование обнажения (или его части). Все эти операции могут быть проделаны только при наличии соответствующих предметов и инструментов, составляющих личное снаряжение геолога.

В **личное снаряжение геолога** при полевых исследованиях входят: полевая книжка с карандашом или шариковой ручкой, транспортир и резинка, геологический молоток, горный компас, лупа (или несколько, с разным увеличением), рюкзак и мешочки для сбора образцов, этикетки для образцов, полевая сумка для хранения топографических карт и аэрофотоснимков, рулетка.

Осуществление операций по изучению обнажений требует знания и выполнения определенных правил и приемов пользования предметами личного снаряжения, а также правил текстового и графического изображения полученной при изучении обнажения геологической информации.

К ним относятся: 1 - приемы работы с горным компасом, 2 - правила ведения полевой книжки и выполнения зарисовок геологических объектов, 3 - способы привязки точек наблюдения (в т.ч. топопривязчиком) и другие операции, сопровождающие изучение обнажений.

## 2.1. Ведение полевой книжки

Полевая книжка (пикетажная книжка) служит для занесения в неё результатов наблюдений, сделанных во время полевой работы и является основным документом, отражающим работу геолога. В книжке должны быть записаны все полевые наблюдения, выводы, сведения об отобранных образцах и сделаны необходимые зарисовки. Записи производятся аккуратно, карандашом или шариковой ручкой, на правой стороне, а рисунки - на левой стороне. Желательно делать выносы, подчеркивания, облегчающие чтение и просмотр пикетажной книжки.

**Запись полученных сведений рекомендуется вести в следующем порядке: 1 - номер точки наблюдения (обнажения); 2 - указание о местоположении обнажения (привязка обнажения), 3 - тип обнажения (коренной выход, развал, высыпки); 4 - форма и характер выхода; 5 - указание состава пород, слагающих обнажение, их возрастные и пространственные взаимоотношения; 6 - сведения о трещиноватости горных пород и о разрывах со смещением; 7 - сведения о проявлениях рудной минерализации и пр.**

На титульном листе полевой книжки указывается: название института, группа и фамилия студента, год прохождения практики, а также сроки начала и окончания записей.

Во время рекогносцировочного этапа практики полевая книжка ведется каждым студентом персонально и прилагается затем к соответствующему отчету.

Во время выполнения самостоятельных заданий полевая книжка ведется одна на маршрутную пару, занимающуюся геологической съёмкой.

## 2.2. Работа с горным компасом

Для ориентировки на местности и привязки обнажений, для определения элементов залегания горных пород, а также при проведении ряда других вспомогательных работ, сопровождающих геологические исследования, используется горный компас.

### 2.2.1. Устройство горного компаса

Устройство горного компаса показано на рис. I.

У компаса есть два независимых друг от друга направления. Одно из них, параллельное установившейся магнитной стрелке, постоянно и не зависит от поворотов корпуса, поскольку магнитная стрелка при отсутствии возмущающих магнитных масс всегда ориентируется по направлению север-юг. Второе направление, проходящее через деления 0 и 180 шкалы лимба, может быть, по желанию наблюдателя, ориентировано параллельно любому направлению на местности. Поскольку эти два направления пересекаются в центре лимба, то с его помощью можно измерять углы между направлением на север (показываемым северным концом магнитной стрелки) и любым другим направлением, параллельно которому устанавливается второе направление компаса

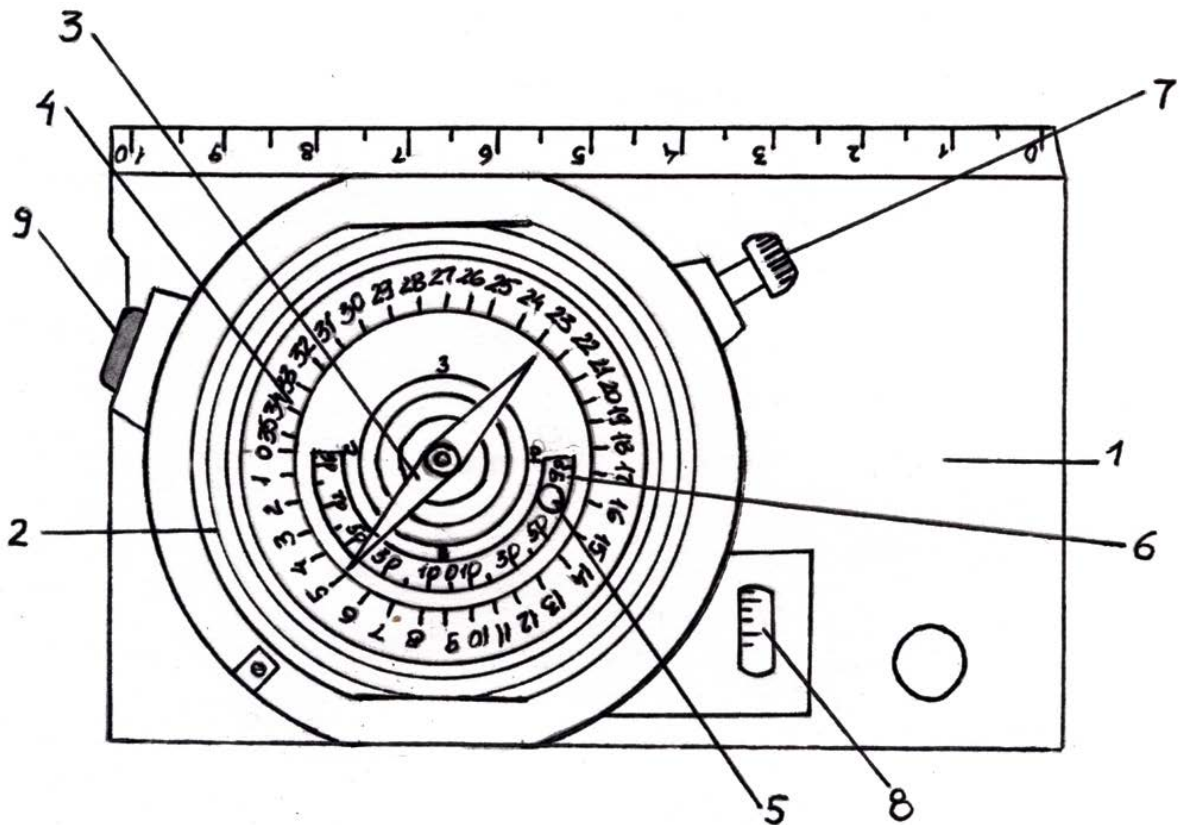


Рис. I. Устройство горного компаса.

1 - основание компаса; 2 - коробка компаса; 3 - магнитная стрелка; 4 - лимб, с помощью которого измеряются горизонтальные углы; 5 - клинометр (отвес); 6 - шкала клинометра; 7 - винт; 8 - уровень; 9 - кнопка

### 2.2.2. Понятие элементов залегания горных пород

Слоистость, сланцеватость, контакты интрузивных и жильных пород, трещины и сместители разрывных нарушений - все это различного рода геологические поверхности (а на локальных участках, в первом приближении - плоскости).

Элементы залегания поверхности - это выраженная в принятых понятиях ориентировка данной поверхности относительно сторон света и горизонта. В общем случае положение наклонной поверхности в пространстве характеризуют три компоненты: простирание, падение и угол падения.

**Простирание** - это направление распространения наклонной поверхности в горизонтальном срезе.

**Падение** - это направление погружения (направление понижения абсолютных отметок) наклонной поверхности.

**Угол падения** - это двугранный угол между данной наклонной поверхностью и горизонтальной плоскостью.

В частном случае одна из компонент ориентировки поверхности в пространстве может отсутствовать или терять смысл. Так, в случае вертикального положения поверхности у нее нет направления погружения, а при горизонтальном положении поверхности она (поверхность) простирается "во все стороны".



В практике полевых исследований, при измерении ориентировки геологических поверхностей часто пользуются понятиями: линия простирания и линия падения.

**Линия простирания** - это линия пересечения геологической поверхности с горизонтальной плоскостью. То есть, это любая горизонтальная линия на данной поверхности (ориентируется она по направлению её простирания).

**Линия падения** - это вектор, перпендикулярный к линии простирания, лежащий на геологической поверхности и направленный в сторону её погружения. Иными словами, это проекция направления погружения на геологическую поверхность.

Примеры использования линий простирания и падения при измерительных операциях будут рассмотрены несколько позже.

Поскольку сами по себе простирание и падение, без привязки их к какой-либо системе отсчёта, не имеют содержательной нагрузки, на практике, для характеристики ориентировки геологических поверхностей, пользуются понятиями азимут простирания и азимут падения.

**Азимут простирания** - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением простирания (или линией простирания). Может изменяться от 0 до 360°.

**Азимут падения** (погружения) - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением погружения (или между направлением на север и проекцией линий падения на горизонтальную плоскость). Может также изменяться от 0 до 360°.

Азимут простирания и азимут падения одной геологической поверхности отличаются на 90°.

Понятие угла падения было дано выше (на стр. ). Он изменяется от 0 до 90° и не зависит от простирания и падения.

Так как азимут простирания - это угол между двумя направлениями, одно из которых величина векторная (направление на север), другое - величина не векторная (направление простирания), то цифровое значение азимута простирания может быть выражено двумя числами, отличающимися друг от друга на 180° (рис. 2).

В этом отражается некоторая неопределенность данной компоненты элементов залегания, по которой нельзя определить без дополнительных измерений азимут падения (хотя угол между ними известен и равен 90°).

В противоположность азимуту простирания, азимут падения, как угол между двумя векторами (направление погружения величина векторная), является величиной строго определенной и позволяет вычислить (путем прибавления или вычитания 90°) азимут простирания без дополнительного его измерения. Это обстоятельство позволяет вместо 3-х компонент элементов залегания измерять только две - азимут падения и угол наклона, при необходимости, азимут простирания может быть вычислен.

Ввиду того, что топографические и геологические карты строятся в истинных азимутах, а с помощью горного компаса измеряются магнитные азимуты, во время полевых работ часто приходится переходить от магнитных азимутов к истинным (при нанесении данных на карту) и от истинных к магнитным (при движении по маршруту, проложенному по карте).

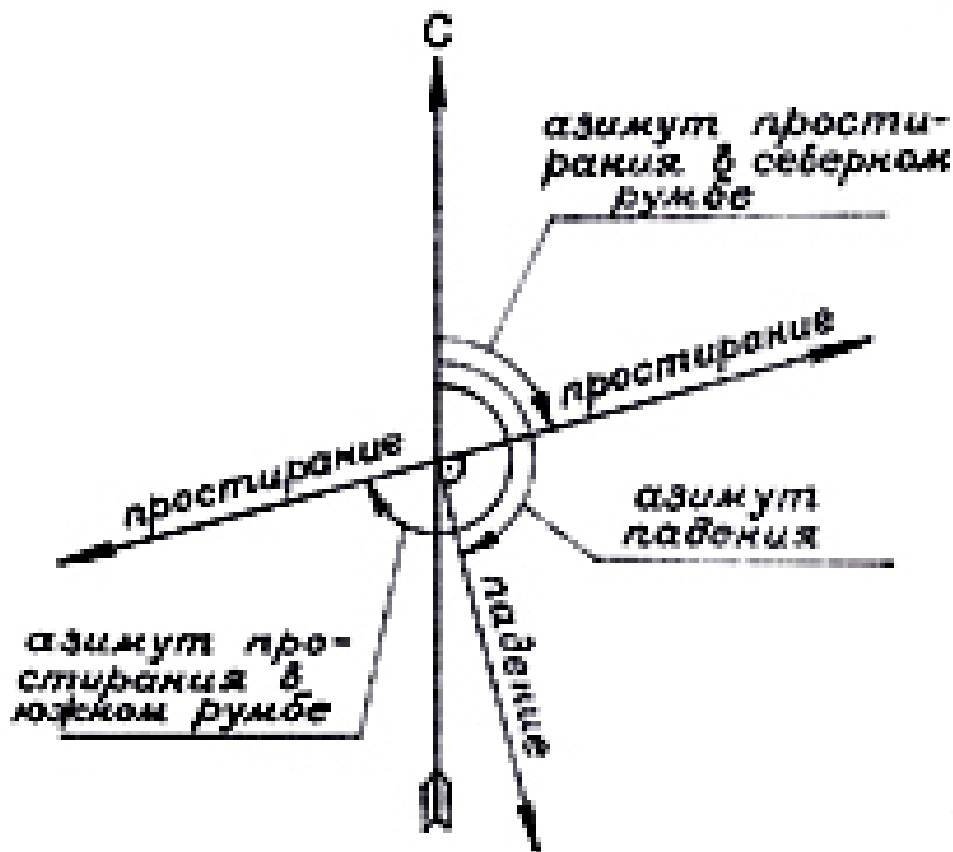


Рис. 2. Схема, поясняющая понятия азимута простирания, азимута падения и соотношения между ними.

Поскольку склонение магнитной стрелки в Сухоложском районе: восточное  $13^\circ$ , то зависимость между магнитным и истинным азимутами приобретает вид:

$$A_{и} = A_{м} + 13,$$

где  $A_{и}$  - истинный азимут;  $A_{м}$  - магнитный азимут.

### 2.2.3. Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей

Чтобы определить азимут падения наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба, приложить компас короткой стороной основания к измеряемой поверхности так, чтобы ноль лимба был направлен в сторону погружения данной поверхности и против северного конца магнитной стрелки снять отсчёт. При этом необходимо обращать внимание на направление увеличения числовых значений градусных делений шкалы лимба.

Чтобы определить азимут простирания наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба приложить компас длинной стороной основания измеряемой поверхности и против одного из концов магнитной стрелки снять отсчёт. Предпочтение отдаётся отсчёту в северных румбах.

Чтобы определить угол падения поверхности, необходимо: компас поставить «на ребро» так, чтобы свободно висел его клинометр и прижать основание компаса длинной стороной к измеряемой поверхности; покачивая компас, определить максимальный угол отклонения клинометра. Это и будет угол падения данной поверхности.

Горизонтальность лимба магнитной стрелки является обязательным условием правильного определения азимутов падения и простирания геологических поверхностей. В некоторых моделях компасов (в основном в старых) горизонтальность лимба достигается "на глаз"; в новых - с помощью уровня, вмонтированного в корпус компаса.

Для начинающих, во избежание больших ошибок (особенно при измерении ориентировки полого залегающих поверхностей) рекомендуется предварительно проводить на изучаемой поверхности линию простирания, а затем при определении азимутов падения и простирания к ней прикладывать компас. При такой установке компаса легче достигается горизонтальность лимба.

**Линия простирания** легко проводится с помощью компаса. Компас ставится "на ребро", прижимается к измеряемой поверхности в положении, при котором клинометр показывает нулевой отсчёт, и параллельно длинной стороне основания проводится линия.

При измерении угла падения, в таком случае, компас в положении "на ребро" прикладывается длинной стороной основания к измеряемой поверхности перпендикулярно к линии простирания.

Запись замеряемых элементов залегания ведётся сокращённо в следующем виде: Аз. пр. 55; Аз. пад. 145, / 60 {Азимут простирания - 55°, азимут падения - 145°, угол падения - 60°}.

При сокращённой записи знак градусов около цифр не ставится. Иногда перед значением азимута буквенными знаками указываются румбы: Аз. пр. СВ 55. Аз. пад. ЮВ 145, 60.

**Как указывалось выше, в записях можно ограничиться двумя компонентами - азимутом падения и углом наклона. Но на первом этапе практики студенты, в целях приобретения навыков в определении элементов залегания и для контроля точности определения, измеряют все три компоненты.**

#### **2.2.4. Определение превышений точек рельефа**

Определение превышений точек рельефа с помощью горного компаса можно производить двумя способами: 1) путём последовательного подъёма по склону с фиксированием точек стояния через известный вертикальный интервал; 2) путём измерения угла наклона поверхности и расстояния до точки, превышение которой необходимо определить.

При первом способе превышение между двумя точками определяется следующим образом: начиная с точки, имеющей более низкую относительную отметку, исполнитель визирует длинную сторону вертикально расположенного компаса в направлении второй точки, следя при этом, чтобы клинометр находился "на нуле". Таким способом проводится горизонтальная линия и на рельефе местности замечается место, куда она «уткнулась». Перейдя на это место, исполнитель провешивает новую горизонтальную линию, снова переходит на место её "утыкания" в склон и так делает необходимое количество раз, пока не дойдёт до второй точки. Превышение между точками равно количеству стоянок между ними, помноженному на высоту исполнителя до глаз плюс ещё какой-то отрезок, если последняя провешенная линия уткнулась в склон ниже или выше второй точки).

При втором способе определения превышений с помощью эклиметра компаса измеряется угол наклона склона вдоль направления, соединяющего точки, затем

измеряется расстояние между точками по склону, и по табличке, приложенной к компасу (или путём расчёта по формуле:  $h = l \sin a$ , где  $h$  - превышение между точками;  $l$  - расстояние между точками по склону;  $a$  - угол наклона склона), определяется искомое превышение между точками.

### 2.2.5. Привязка точек наблюдения

Необходимым условием проведения полевых работ является достаточно точное определение положения в пространстве всех точек наблюдения - обнажений горных пород, пунктов геоморфологических, гидрогеологических и других наблюдений.

**Привязкой точки наблюдений** называется совокупность операций по определению положения её относительно тех или иных реперов, обозначенных на топографической карте и опознанных на местности и нанесение ее на карту.

В зависимости от необходимой точности определения положения точки наблюдений на карте, привязка может быть схематичной, глазомерной и инструментальной. Первые два вида привязок применяют, главным образом, при маршрутных геологических исследованиях, а инструментальную – для привязки скважин, горных выработок и сети геофизических наблюдений.

Во время геологической практики привязку точек наблюдений студенты осуществляют схематически или глазомерно.

**Схематическая привязка** состоит в определении «на глаз» местоположения точки наблюдений среди характерных элементов рельефа и гидросети (а также объектов, созданных природой или человеком), и в нанесении точки наблюдений среди этих же объектов, опознанных на топографической карте.

Как видно из приведённого положения, использование компаса при схематической привязке точек наблюдений не обязательно. Компас используется при глазомерной привязке, которая может быть осуществлена двумя способами.

При первом способе **глазомерная привязка** состоит в определении местоположения точки наблюдений относительно характерного элемента рельефа или объекта путём проведения вспомогательного хода на местности и в последующем нанесении этого хода и точки обнажения на топографическую карту. Направление хода определяют горным компасом, а длину - шагами (см. стр. ). Если привязка точки наблюдений при помощи одного измерения почему-либо невозможна (репер закрыт лесом или горой), то привязочный ход разбивают на несколько, используя промежуточные пикеты. Запись измерений производят в полевой книжке по форме (см. ниже Схему привязочного хода).

При привязке глазомерным способом во время проведения детальной геологической съёмки следует избегать "висячих" незаконченных ходов; нужно заканчивать их либо на другом нанесённом на карту репере, либо делать ходы замкнутыми.

**Глазомерная привязка точек наблюдения вторым способом (способом «засечек»)** осуществляется следующим образом: с точки наблюдения на реперы (характерные формы рельефа или иные объекты) берутся обратные азимуты (азимуты направлений с репера на себя), затем на карте с этих же реперов проводятся лучи (с учетом магнитного склонения) по направлению обратных азимутов и на их пересечении наносится искомая точка наблюдения.

### Схема привязочного хода

Направление хода	Азимут хода	Угол превышения пикета, град.	Расстояние между пикетами, м.	Проложение между пикетами, м.
Репер-пикет 1	ЮЗ 250	+ 5	100 п.ш. (165 м.)	165
Пикет 1-пикет 2	СЗ 300	+ 15	200 п.ш. (330 м.)	318
Пикет 2- пикет 3	СВ 40	+ 5	80 п.ш.(133 м.) (п.ш. - пары шагов)	133

Удобство этого способа привязки состоит в том, что не требуется измерять расстояния. Для соблюдения достаточной точности нанесения точки наблюдений на карту необходимо следить, чтобы углы между лучами засечек были возможно ближе к прямым. При наличии тупых или острых углов возможны значительные ошибки в нанесении точки наблюдений.

Как было сказано выше, при глазомерной привязке, расстояния между пикетами (или точкой наблюдений и репером) измеряются шагами. С этой целью определяется масштаб шагов, для чего на местности рулеткой или мерной лентой измеряется расстояние, равное 100 м., а затем определяется количество пар шагов, уложившихся в это расстояние. Желательно также определить количество пар шагов, укладывающихся в стометровый интервал при спуске и подъеме по склону. Выполненные измерения целесообразно свести в таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1

#### Пример масштаба шагов

		На ровном месте						
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	62,0	31,0	18,5	12,5	6,2	3,1	1,9	1,2
		Вверх по склону (10 <sup>0</sup> )						
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	65,0	32,5	19,5	13,0	6,5	3,2	2,1	1,3
		Вниз по склону (10 <sup>0</sup> )						
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	59,0	29,5	17,7	11,8	5,9	2,9	1,5	1,2

Инструментальная привязка осуществляется топопривязчиком (рис. 3) по прилагаемой инструкции.



## 2.3. Изучение обнажений горных пород

Обнажением называется всякий выход горных пород на поверхность земли.

Обнажения массивных (кристаллических или сцементированных) горных пород называются коренными выходами, если они не разбиты трещинами выветривания на отдельные кусочки и блоки, претерпевшие перемещение на дневной поверхности.

### 2.3.1. Типы обнажений горных пород

Обнажения бывают естественными и искусственными.

**Естественные обнажения** (те, что возникли без вмешательства человека) могут быть самых различных типов: сплошные площадные выходы коренных и рыхлых пород; скальные выходы коренных пород; выходы коренных и рыхлых пород в обрывах склонов речных долин; выходы коренных и рыхлых пород в руслах рек, ручьев, промоин и рытвин, в карстовых воронках, провалах и в оползневых обвалах; каменные россыпи (развалы); высыпки (скопления мелких обломков пород на поверхности подстилающих их коренных пород того же состава).

**Искусственными обнажениями** называются всякие следы деятельности человека, приводящие к вскрытию горных пород. Сюда относятся специальные горные выработки, проходимые с целью вскрытия горных пород: шурфы, канавы, штольни, шахты, карьеры, различные котлованы, колодцы, траншеи. Нередко искусственные обнажения являются единственно возможными пунктами изучения горных пород.

Все обнажения по их значению для геологической съёмки можно подразделить на опорные (или главные) и промежуточные.

**Опорными** называются обнажения, по которым составляется представление о характере геологического разреза, фациальных изменениях слагающих его толщ, о возрастных соотношениях между ними, о расположении основных геологических границ и маркирующих горизонтах, о различных видах тектонических нарушений; обнажения с признаками полезных ископаемых.

**Промежуточными** можно назвать все остальные обнажения, фиксирующие распространение той или иной толщи пород.

В процессе полевых работ документируются как опорные, так и промежуточные обнажения, но приёмы документирования их несколько отличны. Опорные обнажения изучаются подробно, промежуточные - более схематично.

Документирование опорных обнажений слагается из следующих операций: 1 - привязка обнажения; 2 - определение пород, слагающих обнажение, и их взаимоотношений, 3 - определение элементов залегания пород, 4 - составление зарисовки обнажения, 5 - взятие образцов пород, 6 - отбор полезных ископаемых.

### 2.3.2. Привязка обнажений

Привязка обнажений ничем не отличается от изложенной выше привязки точек наблюдений, поскольку очень часто обнажение идентифицируется с точкой наблюдений (хотя необходимо отметить, что понятие "точка наблюдений" более широкое, чем понятие "обнажение"). Нередко крупное обнажение может включать несколько точек наблюдений, и тогда его привязка будет выглядеть, как привязка некоторого количества точек, расположенных по контуру обнажения. Именно с такой ситуацией часто встречаются студенты во время ведения площадной геологической съёмки. Нередко также точка наблюдений включает несколько небольших сближенных обнажений. Так же, как и

привязку точек наблюдений, привязку обнажений студенты осуществляют **схематически либо глазомерно** (обоими рассмотренными ранее способами), либо топопривязчиком.

### 2.3.3. Описание горных пород

При осмотре обнажения прежде всего нужно убедиться, что оно не представляет какую-либо глыбу, скатившуюся сверху, или оползень, так как в этом случае все наблюдения относительно условий залегания горных пород могут привести к ложным заключениям. Затем нужно обойти всё обнажение, чтобы получить общее представление об обнажённых породах и структурах и решить, какую часть выхода следует изучать наиболее детально. После этого можно приступить к определению и описанию породы или пород, которыми сложено обнажение.

**При описании обнажений осадочных пород** указывается следующее: наблюдается ли в породах слоистость; если да, то какие её разновидности - по форме слоев (параллельная, линзовидная или косая), по мощности отдельных слоев (грубая, мелкая, тонкая), по соотношению мощности слоев (равномерная, неравномерная), указывается характер границ слоев (чёткие или нечёткие); строение поверхностей наложения (наличие знаков ряби или иероглифов); текстурно-структурные особенности всех разновидностей горных пород и мощность сложенных ими прослоев.

**При описании обнажений вулканогенных пород** указывается следующее: фациальный тип пород (пирокластическая или лавовая фация); наличие или отсутствие слоистости в пирокластических породах и полосчатости, флюидальности или пористости в лавах; форма и строение кровли и подошвы лавовых потоков и покровов; наличие отдельности, её вид (шаровая, подушечная, плитчатая, столбчатая) и ориентировка; структура и состав пород, состав вкрапленников и обломков; размеры и ориентировка тел.

**При описании интрузивных и жильных пород** отмечается форма и размер тела, тип контактов (магматический, стратиграфический или тектонический); строение эндо- и экзоконтактных зон; наличие, форма, размер и ориентировка шпиров и ксенолитов.

Для всех пород, наблюдаемых в обнажении, указывается их цвет и облик в свежем сколе и на выветрелой поверхности. Обязательно фиксируются элементы залегания слоистости и контактов.

### 2.3.4. Наблюдение структурных элементов

Параллельно с описанием горных пород на обнажении производятся наблюдения над складчатыми и разрывными дислокациями

**При описании складчатых дислокаций** указываются: форма и размер складок, форма их замков (плавная или угловатая, а также угол сочленения крыльев в замке), форма и ориентировка осевых поверхностей и шарниров складок, симметрия - асимметрия крыльев, соотношение мощности слоев на крыльях и в замках складок; характер мелких осложняющих складок и их ориентировка, генетический тип складок.

**При описании разломов**, если таковые замечены в обнажении, отмечается следующее: тип разрыва и направление смещения блоков вдоль сместителя; строение шовной зоны (интенсивная трещиноватость, дробление, расщепление или смятие); наличие глинки трения и поверхностей скольжения в шовной зоне; наличие оперяющих трещин и их ориентировка; тип коры выветривания над разрывным нарушением (структурная, зона каолинизации и пр.); характер проявления разрывного нарушения в рельефе (лог, уступ, гряда); ориентировка сместителя и штрихов скольжения на поверхности сместителя.



**Описание трещиноватости горных пород** ведётся по-разному в зависимости от поставленной задачи. При проведении рекогносцировочных маршрутов и в процессе проведения маршрутной съёмки даётся только общая характеристика систем трещин с указанием их ориентировки, кинематического типа (отрыва или скалывания), ориентировки штрихов скольжения, минерального заполнения, удельной плотности (количества трещин на 1 метр длины в направлении, перпендикулярном плоскостям трещин) и возрастных соотношений.

Если в задачу исследования входит детальное описание трещиноватости с последующим специальным анализом, то наблюдения ведутся по указанной выше схеме над каждой встреченной в обнажении трещиной. Наблюдения заносятся в таблицу (см. табл.2).

Таблица 2

№ п.п.	Азимут и угол падения	Кинематический тип	Ориентировка штрихов скольжения	Минеральное заполнение	Степень приоткрытия	Сведения о пересечении с другими трещинами	Примечания
1	132, 48	Скалывания	Аз. погруж. 120, 42	—	Закрытая	—	Сопровождается незначительным расщеплением параллельно стенкам
220	220, 85	Отрыва	—	Крупнокристаллический кальцит	До 3см	Пересекает 1-ю	

### 2.3.5. Отбор образцов горных пород

Одновременно с изучением обнажения производится отбор образцов пород и встречающейся в них ископаемой фауны и флоры. Отбираемые образцы должны дать полное представление о характере пород и об их изменениях вследствие различных геологических процессов.

Каждый образец представляет собой ту или иную породу, слагающую данный пласт, прослой, жилу и т.п. Отбор образцов не должен быть случайным, искажающим действительные соотношения между породами в обнажении. Необходимо отбирать образцы, характерные для данного слоя, жилы, в которых были бы представлены обычные для них соотношения минералов, текстурные и структурные особенности, минерализация и т.п. Место отбора образцов определяют только после внимательного изучения обнажения. В качестве образца берут свежую, не измененную процессами выветривания, породу. Не обязательно придавать образцу правильную изометрическую форму. Естественная форма обломков является важным текстурным признаком породы. Нужно лишь притупить молотком острые режущие края образца. Образцы берутся различных размеров, в зависимости от их назначения. Обычный размер образцов

колеблется от 4х 6 до 9х12 см. Однако при необходимости проиллюстрировать переход одной породы в другую, изменение минерализации пород около рудных жил, распределение ископаемой фауны и т.п. приходится отбирать штучные образцы размером до 30х30 см и даже больше.

Отобранные образцы этикетируются на месте их отбора. При этом на образец наклеивается кусочек лейкопластыря с указанием номера образца, номера бригады и наименования учебной группы (рис. 4).

В целях облегчения поиска привязки образца, его номер должен соответствовать номеру обнажения, на котором взят образец. При отборе нескольких образцов из одного обнажения, им присваивается один номер с добавлением буквенных или цифровых индексов, служащих для различия образцов между собой.

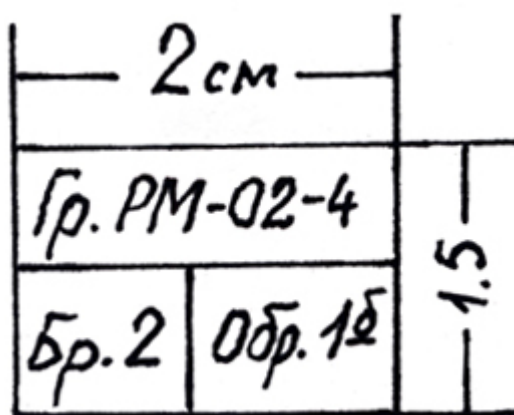


Рис. 4. Форма и содержание этикетки, наклеиваемой на образец.

**При документировании опорных обнажений** образцы отбирают из каждой литологической разновидности пород.

Часто студенты бывают в затруднительном положении при определении достаточного и необходимого количества образцов, отбираемых за время выполнения самостоятельного задания: нельзя оставить ни одной разновидности пород, не представленной образцом; нежелательно иметь и несколько образцов из каждой разновидности пород. Запомнить же, из какой разновидности уже взяты образцы, не всегда удаётся. А поэтому лучше брать образцы из всех разновидностей пород обнажения, а уже на базе, при камеральной обработке, лишние сократить.

### 2.3.6. Зарисовка обнажения

В целях лучшего восприятия другим лицом описания обнажения, а также, в какой-то мере, в качестве компенсации субъективизма при его описании, наиболее информативные обнажения или их фрагменты зарисовываются или фотографируются. Чаще всего зарисовку или фотографию делают по фронту обнажения.

При простом строении обнажения достаточно провести через него несколько мысленных вертикальных линий, на которых определяется положение геологических границ и структура обнажения относительно какого-то принятого базиса (подножия склона, границы зарисовываемого фрагмента). Эти вертикальные линии в определённом масштабе наносятся на зарисовку, а затем, по мысленно отмеченным на них точкам {пересечениям этих линий с геологическими границами и контурами обнажения}, рисуется контур обнажения и геологическая ситуация (см. рис. 5).

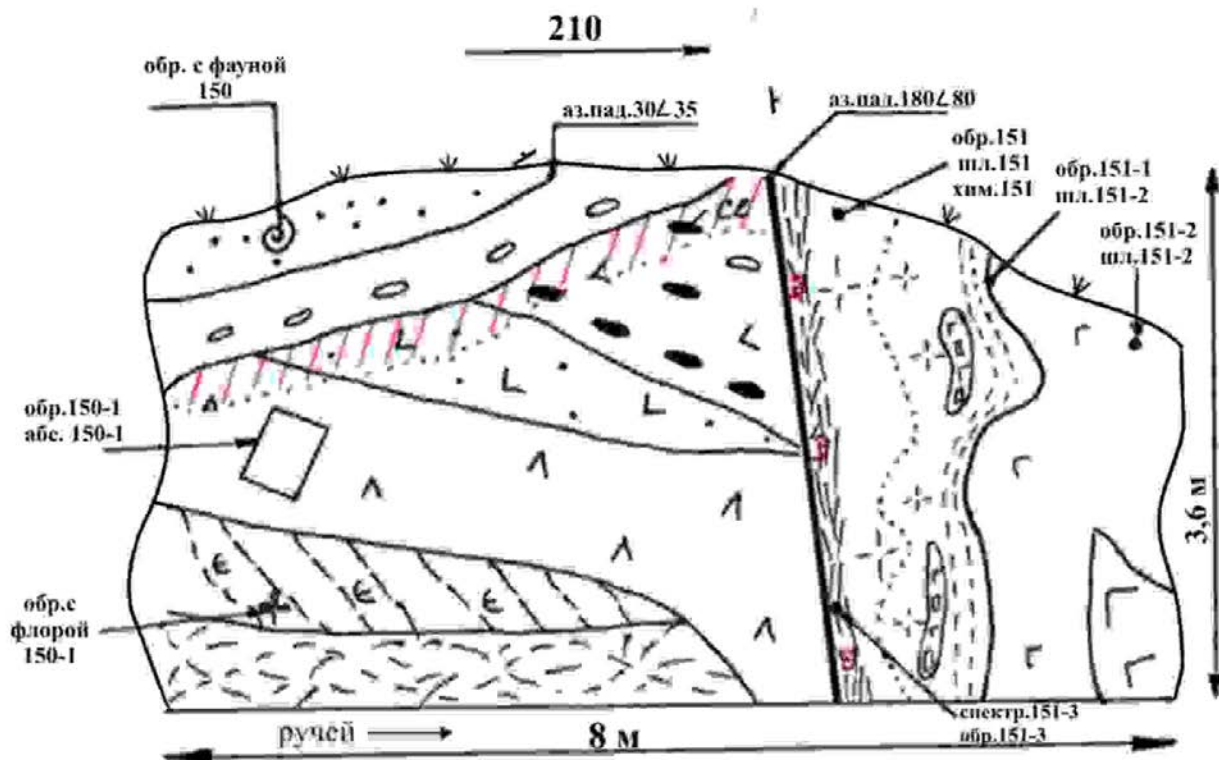


Рис. 5. Пример зарисовки обнажения

При сложном строении обнажения его необходимо разделить на квадраты удобной величины. Сетку можно нанести мелом или каким-либо подсобным материалом. Такая же сетка в определённом масштабе наносится на зарисовку и по ней, как и в предыдущем случае, отрисовывается геологическая ситуация.

При исполнении зарисовки следует широко пользоваться условными значками, отражающими состав горных пород, их текстурные и структурные особенности. Используемые условные знаки должны иметь пояснения.

Зарисовка обнажения может быть дополнена или заменена его фотографией. Фотография имеет некоторые преимущества перед зарисовкой: малые затраты времени, точность воспроизведения объекта, объективность изображения геологической ситуации. К недостаткам относятся: невозможность отражения состава пород, невозможность получения качественного фотоснимка в случае плохого или неудачного освещения, трудность в отображении на фотографии слабо заметных, но важных деталей.

С другой стороны, зарисовка по некоторым аспектам имеет преимущества перед фотографией: полное отражение особенностей строения объекта на основе его углубленного изучения, возможность подчеркнуть главное в воспроизводимом объекте.

Если обнажение сфотографировано, то в полевой книжке и в журнале образцов обязательно должны быть сделаны пометки, указывающие номер пленки и кадра.

## Пример ведения дневника маршрутов

### Этикетка

Уральский государственный горный университет <u>Название организации</u>
ГПР МПИ, РМ-03-1, № 2 <u>Название кафедры (партии), группы, отряда</u>
Полевой дневник № 1 Документация маршрутов т.н. 1-52
Студент Трешкин П.И.
2005г.

### Титульный лист

Название организации  
Название кафедры (партии), отряда, группы

### Дневник № 1

Номенклатура планшета (ов): W-49-43-Б

Родин Иван Петрович

Фамилия, имя, отчество исследователя

Начат 30 мая 2005г.

Окончен 23 июля 2005г.

С т.н. 1 по т.н. 52

Примечание: В случае нахождения дневника просьба вернуть по адресу:

620144 г.Екатеринбург, ул.Куйбышева 30, ОХНИР

к.3319 Родину И.П.

Азимуты магнитные (или истинные с учетом поправки).

## Оглавление

№ маршрута	Дата	№ точек набл.	Стр.	Привязка	Объемы				
					Протяженность маршрута, км	Пешие переходы, км	пробы		
							на спектр. ан.	на химич. ан.	для опред. абс. возраста
1	15.07.05	1-7	2-5	Северный склон г. Крутой в бассейне руч. Верного	4,5	3	26	5	2
2	16.07.05	8-12	6-11	Верхнее течение руч. Кривого к югу от д. Слюдянки	5,0	4	20	3	1
				Итого:	9,5	7	46	8	3
1			3	Рисунки в дневнике					
2			8						

### Условные обозначения и сокращения, применяемые при описании маршрутов

#### Описание маршрута

Дата  
04,08,05

Участок: Савинский  
Масштаб работ: 1: 10 000

#### Маршрут № 1

Цель: Уточнение геологического строения в бассейне руч. Верного, опробование измененных пород, сбор фауны для уточнения возраста известняков.

Привязка маршрута: Проходит на северном склоне горы Крутой в бассейне руч. Верного, в 120 м от высоты 435,0 по аз. 320.

Номенклатура карты: W-49-43-Б

Аэрофотоматериалы (АФС):

Фотоснимки: №№ 4109-4211

Т.н. 05-1 находится в устье руч. Крутого, впадающего в р. Пышму (правый приток) (по топопривязчику: северная широта..., восточная долгота....).

Коренной выход базальтов темно-зеленого цвета массивной текстуры (рис. № 1).

Вкрапленники (15%) – плагиоклаз таблитчатой субизометричной формы, размером 1-3 мм; роговая обманка – черного цвета вытянутой формы. Основная масса – скрытокристаллическая, зеленого цвета. Миндалины – округлой формы, диаметр 1-3 см, выполнены кальцитом и хлоритом. Наблюдается 2 системы трещин: замеры трещин, густота, характеристика (поверхности трещин, формы, материал заполнения, соотношения по возрасту) обр. 1, шл. 1.

Далее ход по аз. 50.

0-150 м в интервале глыбовые развалы (делювий) аналогичных миндалекаменных базальтов. К концу интервала (со 100 м) базальты имеют брекчиевую текстуру обр. 1-1, шл. 1-1.

150-200 м крупноглыбовый делювий андезитов (характеристика андезитов) – обр. 1-2, шл. 1-2.

200-350 м задерновано. Пойма мелкого ручья, заросшего густой травой.

В 360 м – на правом борту ручья коренной выход темно-серых до черных битуминозных известняков тонкослоистых. Породы катаклазированы, трещины катаклаза выполнены ветвящимися жилками мелкозернистого кальцита с редкой вкрапленностью бледно-фиолетового флюорита (рис.2) обр. 1-3, проба на спектр. ан. – 1-3, шл. 1-3.  
Аз. пад. слоистости 120 $\pm$  20-30

360-450 м редкие делювиальные глыбы светло-серых известняков нечеткослоистых с обильной фауной брахиопод. Образцы с фауной отобраны: обр. 1-4 с 380 м  
обр. 1-5 с 450 м

450-500 м кора выветривания по гранитам. В высыпках нор сусликов – дресва крупнозернистых гранитов биотитовых и щебень мелкозернистых аплитов.

Т.н. 05-2 находится в 500 м от т.н. 1 по аз. 50

Вершина сопки. Останец выветрелых крупнозернистых гранитов. В породах отчетливо выражена матрасовидная отдельность – обр.2.  
Аз. пад. отдельности 360 $\pm$  20.

В гранитах ксенолиты мраморизованных известняков.

Маршрут окончен. Пройдено:.....км

Отобрано: образцов - .....

шлифов - .....

проб - .....

Подпись исполнителя.

### **Вывод по маршруту № 1**

В маршруте встречены три комплекса пород: вулканогенная толща среднего-основного состава, представленная фацией текучих лав; толща известковистого состава (морские отложения) и интрузивные породы кислого состава. Наличие катаклазированных пород указывает на тектонический контакт известняков и вулканитов. Предположительно разлом имеет северо-восточное простирание (судя по прямолинейной долине ручья). Предварительно возраст известняков – девонский. Такой вывод можно сделать по комплексу встреченной фауны. Известняки прорываются гранитами. Контакт активный. Возраст гранитов моложе возраста осадочной толщи (постдевонский).

По гранитам развита кора выветривания, представленная зоной дезинтеграции. В поисковом отношении интерес представляет зона разлома, к которому приурочен ручей. Рекомендуется провести шлиховое опробование по данному водотоку.

## **2.4. Первичная обработка полевых материалов**

Первичная обработка полевых материалов в условиях учебной геологосъемочной практики производится на базе после возвращения из маршрута или с участка площадной съемки. Она заключается в обработке коллекций горных пород и полевых книжек, а так же в обработке замеров ориентировки различных структурных элементов.

### **2.4.1. Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек**

Предварительная обработка коллекций горных пород включает в себя: 1 – окончательные определения горных пород и ископаемых органических остатков, собранных при полевых исследованиях; 2 – принятие одного названия для одних и тех же горных пород, задокументированных различными съемочными парами; 3 – сокращение

излишних образцов; 4 – занесение оставшихся образцов в специальный журнал (каталог образцов).

В первую очередь окончательного определения требуют те породы, при описании которых у практикантов были сомнения в точности данных им названий. Эти сомнения могли возникнуть по причине недостаточной выразительности структуры или текстуры пород, либо из-за трудности определения их минерального состава. На базе, при наличии бинокулярного микроскопа, соляной кислоты, а также эталонной коллекции горных пород со шлифами, диагностику пород можно сделать более точно.

Затем сравниваются породы, задокументированные всеми съемочными парами и при наличии одинаковых признаков, породе дается одно название.

На базе, в стационарных условиях, производится препарирование ископаемых органических остатков и дается окончательное определение их с помощью атласов ископаемых форм.

Результаты полевых наблюдений должны быть показаны руководителю практики, при необходимости откорректированы при его участии, и только после этого они становятся пригодными для дальнейшей камеральной обработки. Возможные лишние образцы пород сокращаются, а оставшиеся заносятся в каталог, составленный по стандартной форме (Табл. 3).

Таблица 3

№ п/п	№ образца	Название породы	Привязка обнажения	Примечание
31	12/а	Тонкослоистый зеленовато-серый псаммитовый туф	Левый берег р. Пышмы в 900 м выше устья рч. Рудянки	Сопоставить с обр. 4/е

В результате первичной обработки полевых материалов в полевую книжку вносятся исправления с учетом изменений в диагностике пород и, возможно, в интерпретацию полевых наблюдений.

#### **2.4.2. Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов**

Первичная обработка массовых замеров ориентировки различных структурных элементов состоит в построении диаграмм их ориентировки. В настоящее время наиболее широкое применение в изображении ориентировки структурных элементов приобрели круговые точечные диаграммы.

Нанесение замеров на круговую диаграмму производится с помощью трафарета, представляющего собой окружность, разбитую на 360 градусов и проградуированную в направлении против часовой стрелки, с радиусом, разбитым на 90 градусов и проградуированным в направлении от центра окружности к периферии. Радиус трафарета проведен через точку начала отсчета азимутов на трафарете.

Диаграмма ориентировки трещин строится на кальке, которая накалывается на иглу в центре трафарета. На кальке по трафарету проводится окружность, а на окружности черта начала отсчета азимутов («север» диаграммы). Для нанесения на диаграмму ориентировки трещины «север» диаграммы устанавливается на окружности трафарета против цифры, соответствующей азимуту падения трещины, а на радиусе трафарета

ставится точка против цифры, соответствующей углу наклона трещины. Эта точка на диаграмме называется полюсом данной конкретной трещины и отражает ее элементы залегания. Трафарет может быть заменен стереографической проекцией (сеткой Шмидта или Вульфа).

После нанесения всех замеров диаграмма имеет вид круга с расположенными на нем полюсами трещин. Если полюса расположены неравномерно, то каждому участку их сгущения соответствует система трещин.

Для достижения большей наглядности и определенности диаграммы, на ней проводят изолинии плотности полюсов трещин, подсчитывая количество полюсов на 1 процент площади диаграммы.

Для этого в квадратице из плотной бумаги или тонкого картона вырезается круглое отверстие, размером в 1/10 радиуса диаграммы. Затем диаграмма с нанесенными на нее полюсами трещин накладывается на квадратную сетку со стороной ячейки, равной радиусу малого кружка; накрывается сверху еще одной чистой калькой; на каждое перекрестие подложенной сетки накладывается малый кружок (центром в перекрестье); подсчитывается количество полюсов, попавшее в кружок и в перекрестии ставится точка, а рядом с ней цифра, соответствующая количеству полюсов, попавших в кружок.

Определение плотности полюсов на периферии диаграммы производится с помощью приспособления, состоящего из двух малых кружков, расположенных на расстоянии друг от друга, равном диаметру диаграммы. В центре полоски есть узкая прорезь, через которую приспособление одевается на иглу трафарета. Для определения плотности полюсов трещин, при насаженном на иглу приспособлении, один из его кружков устанавливается центром в перекрестии сетки около ее периферии, и в этом перекрестии ставится точка и пишется цифра, отвечающая количеству полюсов, попавших в оба кружка.

После того, как по всему кругу определена плотность полюсов, на верхней кальке через точки с известной плотностью (а между точками методом интерполяции) проводятся изолинии плотности полюсов. При проведении изолиний на периферии диаграммы (где изолинии обрываются) необходимо помнить, что «выход» за пределы контура диаграммы и «вход» внутрь контура одой и той же изолинии должны располагаться на противоположных сторонах диаграммы, симметрично относительно ее центра. С помощью изолиний определяются центры тяжести максимумов полюсов трещин, по которым определяется ориентировка выделившихся систем трещин.

Для определения элементов залегания системы трещин диаграмма накладывается на трафарет, центр максимума полюсов системы трещин совмещается с радиусом трафарета и на окружности трафарета, против отметки «север» диаграммы, снимается отсчет, соответствующий азимуту падения данной системы трещин, а на радиусе трафарета, против центра тяжести максимума, снимается отсчет, соответствующий углу ее падения.

### **3. Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района.**

#### **3.1. Физико-географический очерк**

Сухоложский район Свердловской области расположен на восточном склоне Среднего Урала в переходной зоне от холмисто-увалистого рельефа Зауралья к Западно-Сибирской низменности. Поверхность района представляет собой всхолмленную



равнину с общей тенденцией погружения на восток с абсолютными отметками водоразделов 240 м. Граница крупного водораздела проходит северо-восточнее р Пышма.

Обнаженность района неравномерная. Палеозойские образования в виде коренных выходов наблюдаются преимущественно по долинам рек. Мезозойские отложения можно наблюдать в карьерах по добыче строительных материалов и в естественных разрезах в восточной части площади.

Главной водной артерией района является река Пышма с притоками Рефт и Кунара, принадлежащая к бассейну р. Оби.

По характеру растительности район относится к лесной и лесостепной зонам с уменьшением степени залесенности с севера на юг и со сменой сосновых лесов на лиственные.

Климат района континентальный с холодной зимой и прохладным летом. Среднегодовое количество осадков 500 мм., из них на весенне-осенний период (апрель-октябрь) приходится 360 – 375 мм. Основными ветрами являются западные, средняя скорость ветра 4,4 м/с.

В административном отношении территория входит в состав Сухоложского района Свердловской области. Кроме города Сухого Лога на описываемой территории имеется ряд сел и деревень - Знаменское, Рудянское, Кашино, Курьи, Шата, Брусяна, Глядены, Мокрая. Город Сухой Лог связан с городом Екатеринбургом железной дорогой и асфальтированным шоссе. Населенные пункты в пределах площади связаны автобусным сообщением.

В экономическом отношении район является промышленно-сельскохозяйственным. Основные промышленные предприятия сосредоточены в г. Сухой Лог – комбинат асбоцементных изделий, завод по переработке вторичных металлов, авторемонтный завод, бумажная фабрика. Цементный завод располагается за юго-восточной окраиной города.

Основное направление сельского хозяйства – земледелие и животноводство.

### 3.2. История геологического изучения района

Геологические исследования в Сухоложском районе были предприняты еще в позапрошлом столетии в связи с изучением углей, содержащихся в угленосной толще карбона. Они проводились под руководством А.П.Грамагичкова. Результаты этих работ были опубликованы в 1852 году.

В 1880 году в “Горном журнале” была опубликована заметка о находке следов деятельности первобытного человека, населявшего известняковые пещеры на левом берегу р. Пышмы в районе г. Сухого Лога. Наиболее крупная из этих пещер носит имя Гебауэра.

Более полные сведения о геологии Сухоложского района содержатся в трудах А.П.Карпинского. Предварительные результаты работ были изложены им в кратких статьях в “Горном журнале” за 1880 год. Более полные данные его работ были опубликованы в монографии “Геологические исследования и разведки на восточном склоне Урала”, изданной в 1949 году. Наибольший интерес из них представляют описания обнажений по рекам Пышме, Шате, Брусяне Кунаре. А.П.Карпинским, в частности, был определен силурийский возраст известняков в верховьях р. Шаты, девонский возраст известняков на северо-восточной окраине с. Знаменского и в низовье р. Шаты, каменноугольный возраст известняков и песчаниково-сланцевых пород на р. Пышме в окрестностях тогдашнего с. Сухоложского. В пределах окрестностей с. Сухоложского

А.П.Карпинским отмечены признаки медных руд, описаны месторождения каменного угля, минеральных красок, каолиновых глин, трепела и других полезных ископаемых.

С 1920 по 1924 годы по поручению Геологического комитета в окрестностях села Сухоложского детальную геологическую съемку проводил И.И.Горский. Результатом этой съемки явилась геологическая карта окрестностей с. Сухоложского масштаба 1:21000. В отчете об этих работах приведены детальные описания обнажений по рр.Пышме, Шате, Ключ, Усолке и логам, впадающим в долину р. Пышмы.

В послевоенные годы изучением каменноугольных отложений района занимался А.А.Пронин. Результаты исследований вошли в монографию “Карбон восточного склона Среднего Урала”, опубликованную в 1960 г.

С начала 30-ых годов в окрестностях Сухого Лога проводится учебная геологическая практика студентов Свердловского горного института, а ныне Уральского государственного горного университета. Коллективом преподавателей кафедры Общей и динамической геологии под руководством А.А.Малахова и В.Е.Засыпкина на основе накопившегося материала о геологическом строении района было подготовлено и издано в 1954 году “Методическое руководство по учебной геологической практике в окрестностях Сухого Лога”, длительное время являвшееся основным пособием при проведении геологической практики.

В 60-е годы Т.В.Диановой, а в 70-е и 90-е К.П.Плюсниним изучались вулканогенные образования района. Этими исследователями были предложены схемы расчленения вулканогенных толщ и определены наиболее крупные вулканические постройки.

В 1961 году под руководством Ю.П.Алексеева была закончена разведка Кунарского месторождения известняков, интенсивно разрабатываемого в последующие годы.

В 1972 году коллективом, возглавляемым М.Т.Собоевым, были закончены работы по составлению геологической карты масштаба 1: 50 000 восточной части Сухоложского района.

С 1973 по 1978 годы в западной части района под руководством В.П.Олерского проводилась геологическая съемка и доизучение масштаба 1 : 50 000. В результате работ составлены: геологическая карта полезных ископаемых, карта четвертичных образований. Эти материалы были положены в основу Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (автор Грабежева Т.Г.), изданную в 1983 году.

Детальная разведка участка аргиллитов Ново-Сухоложского месторождения цементных глин проводилась в 1991 г. Б.М.Новоселовым.

С 1999 по 2002 годы на листе О-41-XXVI, в состав которого входит западная часть Сухоложского полигона, геологическое доизучение масштаба 1 : 200 000 производилась под руководством В.А. Рыбалко. Был составлен комплект карт и отчет по состоянию изученности на 01.01.2002г.

Сведения о глубинном строении территории (в т.ч. Сухоложского полигона) изложены А.Г.Кислицыным в отчете по теме «Переинтерпретация материалов гравиметрических съемок масштаба 1 : 50 000 на Среднем Урале» (1999г.).

Е.М.Ананьева завершила составление карты глубинного строения верхней части земной коры в масштабе 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (Е.М.Ананьева, 2001).

Параллельно продолжались исследования, проводимые сотрудниками кафедр Структурной геологии и Общей и исторической геологии и палеонтологии Свердловского горного института. По результатам работ производственных организаций и указанных кафедр СГИ были составлены “Учебная карта Сухоложского района” и учебное пособие “Учебная геологосъемочная практика”. Последующие работы сотрудников тех же кафедр по изучению строения вулканогенных и осадочных толщ, а также по фациальному и

петрохимическому расчленению вулканогенных пород района позволили составить более детальную геологическую карту, соответствующую современным геологическим представлениям, а также учебные пособия “В краю потухших вулканов” и “Учебная геологосъемочная практика”, 2004, «Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье», 2004. К Всероссийскому симпозиуму по вулканологии и палеовулканологии профессором В.Н.Огородниковым подготовлен путеводитель Среднеуральской геологической экскурсии, 2003.

### 3.3. Геологическое строение района

Территория Сухоложского полигона расположена в пределах Восточно-Уральской мегазоны, претерпевшей длительную эволюцию геологического строения.

Геополитон располагается в Алапаевско-Теченской зоне на границе двух подзон: Рефтинско-Каменской (западной) и Алапаевско-Айбыкульской (восточной).

Границей подзон принято считать Тыгишский разлом (ограничивающий с запада бекленищевскую свиту нижнего карбона).

В геологическом строении района практики принимают участие преимущественно осадочные и вулканогенные образования палеозойского возраста, в восточной части района перекрытые чехлом мезозой-кайнозойских недиагенизированных или слабо диагенизированных континентальных и морских отложений.

Интрузивные образования развиты в меньшей степени и представлены Рефтинским массивом раннедевонского возраста, а также малыми телами гипабиссального и субвулканического уровня глубинности девонского и каменноугольного возраста.

Район характеризуется напряженной тектоникой, следствием этого является складчато-чешуйчато-блоковое геологическое строение. Наиболее интенсивно дислоцированы и метаморфизованы дочетвертичные образования.

#### 3.3.1. Стратиграфия

Стратиграфический разрез района представлен осадочными и вулканогенными образованиями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эратем.

##### 3.3.1.1. Палеозойская эратема

Палеозойская эратема представлена девонской и каменноугольной системами. Эти образования под покровом маломощных рыхлых четвертичных отложений развиты в западной и центральной частях района, а в восточной части района перекрыты мезо-кайнозойским чехлом. Значительную роль в составе палеозойских стратонев играют вулканогенные образования. Анализ строения, состава и последовательности залегания вулканогенных пород района позволяет выделить среди них разнотипные вулканогенные формации, которые по фациальному и петрохимическому составу и возрасту параллелизуются с типоморфными для Урала вулканогенными формациями Магнитогорского мегаблока.

##### **Девонская система**

Девонская система представлена средним и верхним отделами. Образования среднего отдела выделены под названиями: базальт-дацитовая толща ( $D_{2bd}$ ) – в Рефтинско-Каменской подзоне; сухоложская толща ( $D_{2sh}$ ) – в Алапаевско-Айбыкульской подзоне. Средний-верхний отделы представлены маминской толщей ( $D_{2-3mm}$ ). Верхний

отдел представлен кодинской свитой (D<sub>3</sub>kd). Возраст стратонов определен по ископаемой фауне и флоре.

### Средний отдел D<sub>2</sub>

**Базальт-дацитовая толща (D<sub>2</sub>bd).** Данная толща в пределах Сухоложского полигона имеет ограниченное распространение и тектонические контакты как с габброидами Рефтинского массива, так и с нижнекаменноугольными осадочными породами бекленищевской свиты.

На территории полигона толща представлена базальтами (в том числе миндалекаменными) и туфами базальтов. Породы интенсивно дислоцированы. Вторичные изменения представлены альбитизацией, хлоритизацией, актинолитизацией. Участками породы превращены в зеленые сланцы.

**Сухоложская толща (D<sub>2</sub>sh).** Породы, слагающие сухоложскую толщу, обнажаются в северо-западной и юго-восточной частях геополигона. Толща локализована в пределах тектонических блоков, ориентированных в субмеридиональном направлении.

Нижняя часть толщи представлена осадочным типом разреза. В бассейне р. Шата скважинами К-331, К-348 вскрыты переслаивающиеся известняки с конгломератами, кремнистыми сланцами, песчаниками и алевролитами, гальки конгломератов представлены темно-серыми почти черными известняками. В алевроитовом цементе конгломератов содержится микрофауна эйфельского возраста. Мощность пачки 350 м.

Верхняя часть сухоложской толщи представлена преимущественно вулканогенными образованиями. Толща сложена эффузивными, пирокластическими, осадочно-пирокластическими породами непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, а также вулканогенно-осадочными и осадочными породами. В строении преобладают базальты, андезибазальты, андезиты и их туфы. Преобладающим развитием пользуются экспозиционно-обломочные породы (туфы). По размерности обломков состав туфов изменчив – от алевроитовых до псефитовых. Часто наблюдается переслаивание туфов с потоками лав того же состава, как правило, имеющими подушечное и шаровое строение. Потоки базальтов и андезибазальтов афирового строения редки. Вулканиды кислого состава имеют подчиненное значение в разрезах. Кислые лавы – это преимущественно порфиоровые разности, часто с лавобрекчиями в краевых частях. Пирокластические образования дацитового, риодацитового и риолитового состава представлены алевроитовыми, ляпиллевыми и бомбовыми туфами.

В целом, сухоложская толща представлена вулканитами пестрого состава, характеризующихся быстрой фациальной сменой.

В южном направлении характер разреза сухоложской толщи изменяется, что выражается в увеличении объема осадочно-вулканогенных (менее 50% осадочного компонента) и вулканогенно-осадочных ассоциаций в комплексе с рифогенными известняками, песчаниками, кремнистыми сланцами биогенного происхождения.

В пределах развития сухоложской толщи сохраняются фрагменты вулканотектонических построек разного ранга.

В соответствии с петрографическим кодексом (1995г.) по имеющимся геолого-геофизическим данным в пределах геополигона выделяется два вулканических массива. Первый из них располагается в бассейне р. Рефт и его притока Винокурка. Ранее в 1975 году К.П.Плюснин выделил здесь Винокуровскую вулканотектоническую структуру центрального типа., которой соответствует положительная гравитационная аномалия. Винокуровский вулканический массив представлен миндалекаменными базальтами, андезитами и их туфами. На территории Сухоложского полигона располагается только южная часть Винокуровского массива. К югу от него выделяется Пышминский массив, характеризующийся слабо аномальным гравитационным полем. В пределах Пышминского

массива сохраняются фрагменты трех вулcano-тектонических структур центрального типа с признаками кальдерообразования и системой радиально-дуговых разломов. В пределах Пышминского вулканического массива исследованиями прошлых лет выделены вулканические постройки центрального типа (стратовулкан «Дивий камень» и другие). На геологической карте они выделены особым знаком. Жерловые и прижерловые фации представлены экструзивными и субвулканическими образованиями, агломератовыми бомбовыми туфами. В прижерловых образованиях наиболее часто проявлены процессы окварцевания, пиритизации, серицитизации. Промежуточные фации представлены преимущественно лавами в ассоциации с псаммитовыми пирокластическими отложениями. Удаленные (периферические) фации вулканитов развиты на геополигоне на южном склоне вулcanoгенной гряды. Они представлены вулcanoгенными обломочными породами, алевритовыми туфами в переслаивании с рифогенными и аккумулятивно-рифогенными известняками и морскими мелководными терригенно-осадочными отложениями.

Последние наблюдаются на руч. Брусяны ниже «Белого лога», в карьере у западной окраины села Знаменского, на левом склоне долины р. Пышмы между устьями руч. Брусяны и руч. Знаменка. Живетский возраст кремнистой пачки определен по остаткам фораминифер из известняковых прослоев.

Мощность сухоложской толщи составляет 750 м.

### Средний-верхний отделы D<sub>2,3</sub>

**Маминская толща (D<sub>2,3mm</sub>).** Толща представлена углисто-глинисто-кремнистыми породами темно-серого и черного цветов с прослоями известняков. Разрезы этих образований наблюдаются на р. Брусяна ниже «Белого Лога», в левом склоне долины р. Пышмы между устьями р. Брусяна и руч. Знаменка, а также в карьере у западной окраины села Знаменское. Мощность кремнистых сланцев 70 м. Взаимоотношения с нижележащими образованиями не ясны. Живетский возраст определен по остаткам фораминифер из прослоев известняков.

К югу от р. Шата разрез маминской толщи представлен светло-серыми и темно-серыми глинистыми известняками, живетский возраст отложений определен по фауне.

Южнее Сухоложского полигона в районе с. Кунарского и юго-западнее оз. Куртугуз в аналогичных кремнистых породах обнаружены конодонты верхнего девона (сборы А.В.Коровко, В.А.Рыбалко, определения Г.Н.Бороздиной).

Мощность маминской свиты – 150 м.

При современной степени изученности определить объем маминской толщи не представляется возможным. В стратотипических разрезах кремнистые породы переслаиваются с вулканитами неконтрастной базальт-андезитовой формации.

### Верхний отдел D<sub>3</sub>

**Кодинская свита (D<sub>3kd</sub>).** Осадочные породы кодинской свиты локализованы в линейном тектоническом блоке и прослеживаются от южной до северной границы Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать на р. Ключ и в борту р. Пышма. Состав свиты: алевриты, алевропелиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, линзы известняков. Цвет пород – серый, бурый, зеленоватый, черный. Характерно частое переслаивание пород. Слоистость параллельная. Состав терригенного материала: кварц, плагиоклаз, кремнистые породы, риолиты, дациты, пемзы.

Возраст свиты определен по брахиоподам, фораминиферам, водорослям, спорам растений как позднедевонский в объеме франа.

Мощность свиты 700 м.

## Каменноугольная система

Каменноугольная система сложена преимущественно терригенными и карбонатными отложениями с небольшим количеством вулканогенных образований в западной части района и представлена нижним и средним отделами.

### Нижний отдел $C_1$

Стратоны нижнего отдела каменноугольной системы представлены бекленищевской ( $C_1bk$ ), егоршинской и бурсунской ( $C_1eg+C_1br$ ), исетской ( $C_1is$ ) свитами.

**Бекленищевская свита ( $C_1bk$ ).** Свита располагается в западной части Сухоложского полигона и прослеживается в пределах тектонического блока близмеридиональной ориентировки от оз. Куртугуз до приустьевой части р. Рефт. Свита представлена пестрым фациальным комплексом осадочных и вулканогенно-осадочных пород морского генезиса.

Нижняя часть разреза бекленищевской свиты не имеет естественных выходов на дневную поверхность. Свита изучена несколькими профилями скважин, где наблюдалось сложное переслаивание темно-серых до черных алевролитов и аргиллитов с маломощными прослоями песчаников и редкими отпечатками обугленного растительного детрита. Фаунистически эта часть разреза не охарактеризована.

Вверх по разрезу постепенно увеличивается карбонатность пород. Эта часть представлена переслаивающимися серыми и темно-серыми глинистыми и глинисто-известковистыми аргиллитами, полимиктовыми песчаниками, реже конгломератами, а также прослоями туфов и туффитов, мергелей и известняков.

Карбонатно-терригенный разрез свиты фациально замещается вулканогенно-осадочным комплексом пород. Наиболее представительные выходы этих пород располагаются в приустьевой части р. Рефт. В обломках из конгломератов определены форамениферы, свидетельствующие о визейском возрасте (определения Т.Н.Степановой).

Мощность бекленищевской свиты составляет 800 м.

**Егоршинская и бурсунская свиты объединенные ( $C_1eg+C_1br$ ).** Континентальные угленосные образования егоршинской и бурсунской свит прослеживаются в узком клиновидном тектоническом блоке вдоль железной дороги. Разрез этих свит можно наблюдать по р. Пышма между ручьями Ключ и Крутой Лог.

*Егоршинская свита* сложена переслаивающимися темно-серыми до черных глинистыми, углисто-глинистыми и углистыми аргиллитами, алевролитами, серыми и темно-серыми песчаниками и конгломератами. Характерно обилие флористических остатков, наличие маломощных пластов угля, быстрая смена фаций и сложное тектоническое строение. Мощность свиты 350-500 м.

Безугольные отложения *бурсунской свиты* залегают согласно на угленосных породах егоршинской свиты, представлены зеленовато-сероцветными грубообломочными отложениями с бедными органическими остатками. Характерно появление известковистых разновидностей. Мощность свиты 300-500 м.

Возрастная датировка объединенных егоршинской и бурсунской свит – верхнее турне – низы верхнего визе (включая жуковский горизонт). Данные свиты являются возрастным аналогом средней и верхней частей бекленищевской свиты.

**Исетская свита ( $C_1is$ ).** Свита имеет широкое площадное распространение в восточной части Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать по р. Пышма, Кунара, в Кунарском карьере известняков, в приустьевой части р. Рефт. Вблизи железнодорожного моста через р. Пышма наблюдалось согласное налегание известняков на терригенные породы бурсунской свиты. В пределах листа О-41-ХVI взаимоотношения бурсунской и исетской свит установлено в ряде скважин (Олерский, 1978).

Исетская свита представлена преимущественно известняками. В известниках встречается обильная фауна одиночных и колониальных кораллов и брахиопод. Известняки слоистые и массивные, в верхней части разреза породы доломитизированы и брекчированы (известняковые брекчии) с прослоями мергелей. В нижней части разреза преобладают битуминозные известняки с линзами кремней.

По комплексу фауны возраст исетской свиты установлен как визейский – серпуховский.

Мощность свиты – 450 м.

## **Средний отдел С<sub>2</sub>**

**Щербаковская свита (С<sub>2</sub>жс).** Свита имеет ограниченное распространение в бассейне р. Кунара. Породы свиты локализованы в мелких тектонических блоках среды известняков исетской свиты. Щербаковская свита представлена алевролитами, аргиллитами, сероцветными известковистыми песчаниками с прослоями конгломератов, мергелей, битуминозных известняков.

Возраст пород свиты установлен по брахиоподам и соответствует башкирскому и московскому веку.

Мощность щербаковской свиты - 350 м.

### **3.3.1.2. Мезозойская эратема**

#### **Коры выветривания**

Территория Сухоложского полигона располагается в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала на границе с континентально-морской цокольной равниной, что и определило широкое развитие кор выветривания. В пределах геополгона выделяется два морфологических типа – площадная и линейная. Площадные коры развиты преимущественно на водоразделах. Традиционно выделяется три зоны профиля коры выветривания: дезинтеграции, промежуточных продуктов, глинистых продуктов. На Сухоложском полигоне зона глинистых продуктов развита только в восточной части, в западной части имеет место двухзональный профиль коры. Линейные коры выветривания обычно развиваются в зоне разломов либо по контактам геологических тел.

Выделяется два генетических типа кор – остаточные и переотложенные. В районе резко преобладает первый тип.

Окраска пород, слагающих профиль коры выветривания, обычно в верхней глинистой зоне неоднородная: пятнистая, пятнисто-полосчатая с преобладанием буроватых и красноватых оттенков. С глубиной окраска выветрелых пород приближается к цвету материнских. К востоку происходит понижение кровли остаточной коры выветривания с 206 м до 160 м. В восточной части полигона коры выветривания перекрываются палеоценовыми отложениями серовской свиты. Среди глинистых продуктов по вещественному составу преобладающим является каолиновый тип. Состав тяжелой фракции шлихов обычно зависит от состава материнских пород. В площадных корах постоянно присутствуют гидроокислы железа, реже марганца.

Мощность площадных кор в Сухоложском районе в среднем составляет 18-20 м.

## **Триасовая система, верхний отдел - юрская система, нижний отдел**

**Челябинская серия (Т<sub>3</sub>-J<sub>1</sub>Ĉ).** Нерасчлененные триасово-юрские отложения района представлены вулканогенно-осадочными породами. Они приурочены к протяженному грабену, пересекающему восточную часть района в субмеридиональном направлении и перекрытому кайнозойским чехлом. Нижнюю часть разреза слагают преимущественно вулканогенные породы разного состава (от базальтов до риолитов) с незначительным количеством пестроцветных конгломератов, песчаников и аргиллитов. Верхнюю часть разреза слагают преимущественно осадочные сероцветные мелко- и тонкообломочные породы. Обломочные породы по составу относятся к полимиктовым. В прибортовых частях грабенов широким развитием пользуются краснобурые конгломераты и гравелиты (фашии конусов выноса).

Мощность триасово-юрских отложений на описываемой территории достигает 200 м. Выходы их наблюдаются только в глубоко врезанных долинах крупных рек Пышмы и Кунары.

### **Меловая система**

Меловая система в районе представлена обоими своими отделами. Ее отложения обычно перекрыты более молодыми осадками и не имеют широкого развития на земной поверхности.

#### **Нижний отдел К<sub>1</sub>**

Нижний отдел меловой системы представлен **аптским и альбским ярусами К<sub>1</sub> а**, состоящим из двух стратонев – алапаевской и синарской.

**Алапаевская толща** представлена каолинит-гидрослюдитыми серыми, бурыми, кирпично-красными глинами с песком, хорошо окатанной кварцевой галькой и щебнем окремнелого известняка. За белый цвет породы названы “беликами”. Мощность беликовой толщи редко превышает 10 м. В основании “беликов”, как правило, наблюдаются бурые железняки инфильтрационного происхождения в форме линз, гнезд, пластов. Состав бурых железняков: гидрогетит, гидрогематит, сидерит. Алапаевская свита обычно приурочена к понижениям древнего рельефа – эрозионным или карстовым воронкам. Возраст алапаевской толщи предполагается на уровне аптского яруса.

**Синарская свита** нижнего мела сложена пестроцветными и белоцветными континентальными (аллювиально-озерными) глинами каолинитового состава с прослоями лигнитов марказитсодержащих и кварцевых песков. Приурочена к эрозионным депрессиям, не имеет широкого площадного распространения и повсеместно перекрыта кайнозойскими отложениями. Синарская свита несогласно залегает на алапаевской толще, либо на известняках. Выходы пород свиты наблюдались только в карьере “Белая глина”, который после прекращения в нем работ по добыче огнеупорных глин затоплен. Мощность свиты достигает 15 м. Апт-альбский возраст отложений установлен по результатам споро-пыльцевого анализа.

#### **Верхний отдел К<sub>2</sub>**

Верхний отдел меловой системы представлен **коньякским ярусом**.

**Камышловская свита (К<sub>2</sub>km).** Отложения камышловской свиты представлены зеленовато-серыми и светлосерыми мелкозернистыми кварц-глауконитовыми слабо сцементированными песчаниками и песками морского происхождения. Пески хорошо отсортированы. Эти породы имеют широкое площадное распространение, но перекрыты кайнозойскими осадками. Выходы пород наблюдались в карьере “Белая глина” и известны в верховьях рч. Каменки, левого притока р. Пышмы, впадающего в нее



восточнее пос. Курьи. Возраст пород определен по остракодам, фораминиферам, зубам акул. Мощность свиты не превышает 10 м.

### **3.3.1.3. Кайнозойская эратема**

Кайнозойская эратема на описываемой территории представлена всеми тремя системами – палеогеновой, неогеновой и четвертичной.

#### **Палеогеновая система ●**

Палеогеновая система в Сухоложском районе представлена верхним палеоценом-нижним эоценом. На восточном склоне Урала эти отложения известны под названием **серовской свиты**.

#### **Серовская свита ●<sub>1-2</sub> ср.**

Свита сложена опоками, песчаниками и алевролитами на опоковом цементе, трепелами. Преобладают опоки. Песчаники имеют глауконит-полевошпат-кварцевый состав. Эти морские отложения имеют спорадическое развитие в восточной части района, перекрывая собой все более древние отложения в углублениях палеозойского фундамента. Коренные выходы опок встречаются в глубоких логах и в карьерах по добыче глин, известняков и самих опок. Возраст пород свиты определен по ископаемым остаткам фораминифер, моллюсков и гексакораллов.

Мощность свиты достигает 12 м.

#### **Неогеновая система N**

**Светлинская свита (N<sub>1sv</sub>).** Отложения неогеновой системы представлены пролювиально-делювиальными песчано-алевритистыми глинами красновато-бурого цвета с редкой галькой кварца. Слоистость выражена не отчетливо. Свита залегает с размывом на более древних образованиях. Неогеновые отложения повсеместно наблюдаются в бортах карьеров на водоразделе рр. Пышмы и Кунары. Мощность отложений неогеновой системы не превышает 4 м. Возраст пород принят по аналогии с подобными отложениями Зауралья, где он был определен по остаткам речных моллюсков в аллювии верхних цокольных террас крупных рек.

#### **Четвертичная система Q**

Образования четвертичной системы принадлежат различным генетическим типам и покрывают значительную часть площади в виде маломощного чехла. Возраст аллювиальных, озерных, палюстринных отложений определяется по ископаемым остаткам (фауне и флоре), а также по споро-пыльцевым комплексам. Возраст элювиальных, делювиальных и прочих образований определяется (условно) по геоморфологическому положению.

#### **Эоплейстоцен**

#### **Нижнее звено**

Отложения этого возраста на площади представлены аллювиальными и озерными (a,l) генетическими типами. В возрастном отношении они приурочены к увельской свите. Встречаются локально в западной части площади (Зауральская цокольная равнина).

Аллювиальные и озерные отложения увельской свиты (*a,IEuv*) вытянуты в меридиональном направлении.

Фрагмент этих отложений выделен к юго-востоку от оз. Беткулово, на абсолютной отметке 200 м. Отложения представлены известковистыми глинами зеленовато-серого, желтовато-зеленого, зеленовато-бурого, серовато-бурого цвета, песками мелкозернистыми, полимиктовыми с рыхлым железисто-марганцовистым бобовником. На одних участках, аллювиальные и озерные отложения залегают на склоне, на других участках – в переуглублении под аллювиальными отложениями батуринской свиты и выхода на поверхность не имеют. Мощность отложений более 8,4 м. Залегают на мезозойских корях выветривания, перекрыты аллювиальными отложениями батуринской свиты, полигенетическими и делювиальными образованиями среднеуральского надгоризонта.

### **Неоплейстоцен** **Неоплейстоцен нерасчлененный**

Отложения этого возраста представлены элювиальными и делювиальными образованиями (*e,dNP*). Распространены очень широко в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала. Развита на возвышенностях и их пологих склонах.

Представлены глинами и суглинками со слабо выветрелым щебнем подстилающих пород и редким полимиктовым гравием.

В большинстве случаев они залегают на мезозойских корях выветривания. Мощность до 3 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

Возраст отложений определен как нерасчлененный неоплейстоцен.

### **Нижнее звено**

Отложения этого возраста представлены аллювиальными отложениями батуринской свиты (*albt*).

Аллювиальные отложения батуринской свиты (*albt*) развиты в западной части геополигона в виде участков меридионального и субмеридионального простирания, фиксирующих фрагменты древних речных долин, потерявших связь с современной гидросетью. Они приурочены к контакту приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала и континентально-морской цокольной равнины Зауралья. Фрагменты древнего аллювия выделены от озера Куртугуз к северу, его протяженность 11 км при ширине от 800 до 1300 м. Разрез изучен скважинами мотобурения.

Аллювиальные отложения представлены песками полимиктовыми с гравием, глинами гидрослюдистыми, известковистыми, серыми, зеленовато-серыми, зеленовато-голубыми, серовато-бурыми. Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом и цоизитом – 54%, роговой обманкой – 20%, ильменитом – 6%, лимонитом – 8%, цирконом – 6%, рутилом – 2%, сфеном – 2%, апатитом – 1%, хромитом – 1%. Выход 3%. Палеогеографический коэффициент 0,9.

В спорово-пыльцевых комплексах этих отложений преобладает пыльца ели, сосны, пихты.

Путем отстройки поперечных профилей через древние речные долины было установлено, что реки текли с юга на север.

К нижнему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения (в разрезе залегают выше аллювиальных и озерных отложений уйско-

убоганской свиты среднего звена и ниже аллювиальных и озерных отложений увельской свиты нижнего эоплейстоцена). Отложения сопоставляются по литологии с аллювиальными отложениями, описанными и изученными в угольном карьере Батурино Еманжелинского района Челябинской области.

Аллювий батуринской свиты перекрыт аллювиальными и озерными отложениями уйско-убоганской свиты среднего звена, делювиальными отложениями среднего и верхнего звена, торфами голоцена. Залегают на аллювиальных и озерных отложениях увельской свиты нижнего эоплейстоцена, отложениях серовской свиты, мезозойских корях выветривания и известняках палеозоя. Мощность отложений более 9,2 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В этих отложениях было установлено наличие россыпного золота (Рыбалко, 2002).

### Среднее звено

Отложения этого возраста представлены аллювием исетской ( $a^1\Pi$ ) и уфимской ( $a^u\Pi$ ) террас, озерными ( $\Pi_{III}$ ), аллювиальными и озерными ( $a, \Pi_{III}$ ) отложениями уйско-убоганской свиты, делювиальными отложениями среднеуральского надгоризонта ( $d\Pi_{Sr}$ ).

Аллювиальные отложения уфимской террасы ( $a^u\Pi$ ) выделены по рекам Рефт и Пышма. Отложения прослеживаются по правому берегу р. Рефт до устья, в виде полосы шириной 200-300 м, и по правому берегу р. Пышмы между пос. Рудянское и Знаменское. Они слагают четвертую эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 22,4 до 40 м и высотой цоколя от 18 до 35 м над урезом реки. Наибольшие параметры уфимская терраса имеет на р. Пышма в районе п. Новая Пышма. Ширина террасы достигает 3,5 км.

Отложения представлены желто-коричневыми, темно-желтыми, буро-коричневыми песками полимиктовыми (полевошпат-кварцевыми) с галькой кварца, бурыми до темно-коричневыми песчаными глинами с прослоями иловатых глин темно-серого цвета. Пески от глинистых (глинистая фракция составляет 20%) до гравийных, грубозернистых. Обломочный материал хорошо окатан.

Разрез аллювия уфимской террасы можно показать на примере шурфа 286, пройденного на восточном берегу р. Рефт. Сверху, до глубины 3,2 м залегают глинистые пески мелкозернистые, полимиктовые с преобладанием зерен кварца. Содержание глины 20%. Песок сортирован. С глубины 3,2 м до 3,7 м (забой) вскрыты пески грубозернистые, близкие к гравию с гальками кварцевого состава, размером до 3-4 см в диаметре, хорошо окатанными. Цвет песков желтовато-коричневый, желтый. Из гравийных песков с гл. 3,7 м отобрана шлиховая проба. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: гр. эпидота – 47,52%, гранатом – 17,82%, ильменитом – 13,86%, ильменитом + гематитом – 0,99%, амфиболом – 12,87%, хромитом – 4,95%, монацитом – 0,99%, сфеном – 0,99%. Палеогеографический коэффициент 0,25.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корях выветривания и породах палеозоя. Мощность более 5,5 м.

Возраст аллювия уфимской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными образованиями соседних районов и определен как сыльвицкий и вильгортовский горизонты.

Аллювиальные отложения исетской террасы ( $a^1\Pi$ ) развиты по рекам Пышма, Кунара. Они слагают третью, эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 4 м до 16,5 м (по р. Пышме) и высотой цоколя от 2,7 м от уреза реки. Ширина террасы от 200 до 2000 м. Разница в высоте поверхности от уреза реки связана с неотектоникой (участки неотектонических поднятий и опусканий).

Строение разреза аллювия исетской террасы двучленное. Нижняя его часть сложена полимиктовыми гравийно-песчаными, песчано-гравийными отложениями коричневого цвета, в основании которой залегает базальный горизонт. Верхняя часть разреза сложена бурыми глинами, полимиктовыми песками (глинистая фракция составляет 30%), чередованием коричневых до темно-буровато-серых мелкозернистых песков с галькой кварца и серых, темно-серовато-желтых до буро-коричневых глин.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 43-45%, ильменитом – 16-24%, амфиболом – до 17%, магнетитом – 3-5%, гематитом от 4 до 21%, мартитом – до 5%, гранатами – 3-5%, хромшпинелидами – 0,5-1,5%, цирконом – 1,67-1,7%, сфеном – 0,14-0,19%, рутилом – 0,39-0,82%, ставролитом – 0,4%, лейкоксеном – 0,08%, пиритом – 0,03%, кианитом – 0,03%, апатитом – 0,14%, гидроокислами железа – от 0,6 до 1,34%, золотом – единичные знаки. Палеогеографический коэффициент 0,34-0,42.

Спорово-пыльцевые спектры – лесостепные, реконструирующие смешанные елово-сосново-березовые лесные массивы с пихтой, ольхой и лугостепными участками.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корях выветривания и породах палеозоя. Мощность от 1,3 м и более 7 м (по р.р. Рефт и Пышма). С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия исетской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями смежных районов и определен как ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Среднеуральский надгоризонт. Озерные отложения уйско-убоганской свиты (I Шии) развиты на междуречьях, иногда пространственно тяготеют к современным озерам. Геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья. Развиты локально у западной рамки Сухоложского полигона.

Озерные отложения вскрыты скважинами мотобурения. Они выполняют древние озерные ванны и представлены глинами зеленовато-серыми, серыми до коричневых с включениями гравия, гальки кварца и мелкозернистыми полимиктовыми песками.

Из отложений отобраны пробы на литологический и спорово-пыльцевой анализы. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 61-81%, роговой обманкой – от ед.зер. до 27%, гранатами – до 2%, пироксенами – 1%, магнетитом – до 1%, ильменитом – от 4 до 23%, лейкоксеном – 2-7%, рутилом – 1-3%, цирконом – до 2%, ставролитом – 1%, хромитом – 2%, турмалином – 1%, андалузитом – до 1%, апатитом – до 2%, корундом – до 2%. Выход от 1 до 7%. Палеогеографический коэффициент от 0,04 до 0,61%.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корях выветривания и аллювиальных отложениях батуринской свиты. Мощность более 9 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Озерные осадки синхронны аллювиальным и озерным отложениям уйско-убоганской свиты, изученной в нижнем течении р. Уй, на меридиональных отрезках Тобола и Убогана, имеющей широкое распространение в Зауралье.

Возраст отложений определен как вильгортский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской свиты (а, Шии), как и озерные развиты на междуречьях, геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Отложения представлены неравномерным переслаиванием зеленовато-серых, голубовато-серых до коричневатых-серых глин и коричневатых-серых, серых, полимиктовых песков, местами с гравием и галькой кварца.

Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом – 44-53%, обыкновенной роговой обманкой – от 28 до 42%, тремолитом-актинолитом – 2-7%, магнетитом – 1-5%, ильменитом – 3-4%, сфеном – 2-5%, гранатом – до 3%, цирконом – 2-3%, лимонитом – 1-3%, апатитом – 1-2%, хромитом – ед. зер.-1%, марказитом – до 1%, пироксеном – до 1%, а также единичными зернами ставролита, рутила, лейкоксена, анатаза. Выход от 6 до 10%. Палеогеографический коэффициент от 0,08 до 0,26.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на аллювиальных отложениях батуриной свиты, палеогеновых отложениях серовской свиты, мезозойских корях выветривания. Мощность до 10 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Возраст отложений принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными (по моллюскам и остракодам) образованиями смежных территорий и определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Делювиальные отложения среднеуральского надгоризонта (dPsr) развиты достаточно широко на территории района работ. Они приурочены к бортам древних озерных впадин и долин, и распространены на междуречьях.

Представлены бурыми до темно-коричневых плотными глинами и суглинками со щебнем, с небольшим количеством гальки и гравия.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 53-73%, обыкновенной роговой обманкой – от 15 до 38%, пироксенами моноклинным и ромбическим – 1-7%, ильменитом – 1-6%, лимонитом – 1-3%, магнетитом – 1-4%, сфеном – 1-2%, цирконом – 1%, гранатом – 1%, турмалином – 1%, гр. актинолита – 1%, лейкоксеном – 1%, рутилом – до 1%, единичными зернами апатита, ставролита. Выход составляет 12-15%. Палеогеографический коэффициент 0,1- 0,47.

Спорово-пыльцевой спектр очень бедный. В основном отмечены пыльцевые зерна *Betula pubescens* (Ehrh.) и единичные экземпляры *Pinus sylvestris* L., *Pinus* sp. Пыльца травянистой растительности представлена *Artemisia* sp., *Compositae*, *Rosaceae*. Комплекс лесостепного типа, воссоздающий смешанные сосново-березовые лесные ландшафты с луго-степными участками.

Отложения перекрыты делювиальными и лессовыми отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на мезозойских корях выветривания. Мощность 3-5 до 10 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

К среднему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения. Возраст отложений определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

### **Верхнее звено**

Отложения этого возраста представлены элювиальными, аллювиальными отложениями камышловской террасы, полигенетическими и делювиальными образованиями.

Аллювиальные отложения камышловской террасы (a<sup>k</sup>III) распространены по р.р. Пышма, Рефт, Кунара. Они слагают вторую, аккумулятивную надпойменную террасу с высотой поверхности от 5,5 м до 10-12 м над урезом реки. Ширина террасы от 20 до 600 м.

Строение аллювия двучленное. Нижняя его часть сложена песками полимиктовыми с гравием и галькой. Верхняя часть разреза сложена буровато-коричневыми глинами и

суглинками с прослоями темно-серых до зеленовато-серых илистых глин и глинистых, мелкозернистых полимиктовых песков.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен эпидотом и цоизитом – 62%, обыкновенной роговой обманкой – 28%, актинолит-тремолитом – 11%, сфеном – 2%, единичными зернами циркона, рутила, граната, апатита, лимонита. Палеогеографический коэффициент 0,05.

Спорово-пыльцевые спектры – светлохвойных лесов. Из травянистых растений встречены единичные зерна: Gramineae, Compositae, Artemisia sp., Polygonaceae, Polygonum bistorta L., Rosaceae.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, торфами горбуновского горизонта, залегают на мезозойских корях выветривания. Мощность от 5 до 12 м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия камышловской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями соседних районов и определен как стрелецкий и ханмейский горизонты позднего неоплейстоцена.

Эллювиальные образования (eIII) встречаются спорадически в пределах приподнятого отпрепарированного пенеппена Среднего Урала. Приурочены к плоским вершинам холмов. Представлены продуктами физического выветривания коренных пород: суглинками и глинами со щебнем.

Залегают на мезозойских корях выветривания и коренных породах, перекрыты только современными палюстринными отложениями. Мощность от 0,1 до 1-2 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как поздний неоплейстоцен.

Полигенетические образования (pgIIIsv) широко развиты на выровненных междуречьях и геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Они представлены бурыми, коричнево-бурыми известковистыми глинами, суглинками и супесями. В верхней части разреза они слабо облессованы, в нижней – содержат неокатанные зерна кварца и карбонатные включения. Гранулометрический состав (в %): гравий – 4,3; песок – 8,6; алеврит – 80,2. Состав песка и гравия: кварц, полевые шпаты, обломки местных пород. Глинистая фракция представлена гидрослюдой. Тяжелая фракция представлена эпидотом и цоизитом, роговой обманкой, пироксенами, тремолит-актинолитом, сфеном, апатитом, лейкоксеном, цирконом, ильменитом.

Залегают на озерных, аллювиальных и озерных отложениях уйско-убоганской свиты, аллювии батуринской свиты, среднеуральском делювии, неогеновых и палеогеновых отложениях, мезозойских корях выветривания и коренных породах. Мощность колеблется от 2-3 до 6 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

Делювиальные отложения (dIIIsv) распространены на склонах гор и речных долин, под торфяными образованиями в понижениях современного рельефа.

Отложения представлены бурыми, серовато-бурыми, желтовато-бурыми песчаными глинами и суглинками со щебнем местных пород, с включением гравия и полукатанной гальки кварца.

Североуральский делювий перекрывает аллювиальные отложения высоких террас, среднеуральский делювий, озерные, аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской и увельской свит, мезозойские коры выветривания. Мощность 2-3 м до 5 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст делювия определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

### **Верхнее звено – горбуновский горизонт голоцена**

Отложения этого возраста представлены делювиальными и аллювиальными отложениями (d,aIII-Hgr). Наблюдаются по логом и мелким притокам рек.

Они представлены бурыми, желтовато-бурыми, буро-коричневыми, зеленовато-бурыми песчаными глинами, полимиктовыми песками с гравием, галькой и суглинками со щебнем местных пород и валунами.

Залегают на неогеновых ложковых отложениях, мезозойских корях выветривания и коренных породах. Мощность до 8 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин и россыпи золота.

Возраст отложений определен как поздний неоплейстоцен – горбуновский горизонт голоцена.

### **Голоцен**

#### **Горбуновский горизонт**

Отложения горбуновского возраста представлены аллювиальными, озерными, озерными и палюстринными, техногенными образованиями.

Аллювиальные отложения русла и пойменных террас (aHgr) широко развиты по всем современным рекам и ручьям. Высота поверхности пойменных террас над урезом реки составляет до 3-4 м, ширина – от 10 м до 200-300 м.

Аллювий низкой и высокой поймы представлен серыми, голубовато-серыми песчаными глинами с прослоями разнозернистых, полимиктовых песков с галькой и гравием слабой степени окатанности. С глубиной количество песка и гравийно-галечного материала увеличивается до 60-70%, в базальном горизонте отмечаются валунно-галечные отложения.

Отложения русла представлены разнозернистыми, полимиктовыми песками и галечно-гравийным материалом.

По шлихам, отобраным из русловых частей рек, минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – от 23 до 60%, амфиболом – от 10 до 25%, гранатами – от 2 до 15%, магнетитом – от 6 до 16%, ильменитом – 3-10%, сфеном – 1-3%, цирконом – 1-2%, единичными зернами рутила, кианита, апатита, монацита, золота. Палеогеографический коэффициент меньше единицы.

Отложения залегают на аллювии камышловской террасы, мезозойских корях выветривания и коренных породах. Мощность до 15 м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст датируется горбуновским горизонтом голоцена.

Озерные отложения (IHgr) приурочены к современным ваннам озера Куртугуз и другим. К ним относятся береговые и донные отложения современных озер, а также осадки заторфованных или высохших озер. Береговые отложения представлены глинистыми песками с галькой кварца и палеозойских пород, которые часто формируют озерные террасы, донные – иловатыми глинами и илами темно-серого цвета.

Залегают на озерных отложениях верхнего звена, мезозойских корях выветривания и породах палеозоя. Мощность до 5 м.

Возраст озерных осадков определен в объеме горбуновского горизонта голоцена.

Горбуновская свита. Она представлена озерными и палюстринными образованиями (I,plHgr), приуроченными к современным заболоченным пространствам.

Образования представлены иловатыми глинами с растительным детритом, илами. Палюстрий представлен торфом. Залегают на мезозойских корях выветривания, на аллювии и делювии позднего неоплейстоцена, породах палеозоя. Мощность до 5 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст озерных и палюстрийных образований определен в объеме горбуновской свиты голоцена.

Палюстрийные образования (plHgr) развиты очень широко особенно в северо-восточной части полигона и приурочены к современным заболоченным понижениям рельефа и плоским водоразделам. На площади находится значительное количество торфяников. Они образуются путем зарастания озер, либо формируются в долинах рек, низинах и на участках избыточного увлажнения.

Палюстрий представлен торфами и иловатыми глинами.

Отложения залегают на озерных, аллювиальных и делювиальных отложениях позднего неоплейстоцена, неогеновых отложениях, мезозойских корях выветривания и породах палеозоя. Мощность от 0,5 до 9 м.

С ними связаны месторождения торфа.

Учитывая перекрытие торфяниками всех других генетических типов четвертичных образований и согласно схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как горбуновский горизонт голоцена.

Техногенные образования (tHgr<sup>2</sup>) занимают незначительные площади в районе г. Сухой Лог и вблизи других населенных пунктов. К ним отнесены рыхлые продукты отвалов горных выработок (карьеров), шлакоотвалов предприятий, свалки бытовых отходов (твердых и жидких, прудки очистных сооружений). Отвалы представлены глыбами, щебнем, супесями и суглинками со щебнем коренных пород. Мощность до 10 м.

Возраст техногенных образований определен как верхняя часть горбуновского горизонта.

### **3.3.2. Интрузивные образования**

В пределах Сухоложского полигона распространены интрузивные образования разного возраста и состава. Во всех случаях эволюция магматизма во времени характеризуется гомодромной направленностью.

#### **3.3.2.1. Среднеордовикские интрузии**

В западной части полигона встречена протрузия серпентинитов, трассирующая разрывное нарушение внутри Рефтинского массива габброидов. В западной части массива наблюдается обилие аналогичных пород, относимых исследователями к альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации среднеордовикского возраста. Данные породы, как правило, серпентинизированы в разной степени.

#### **3.3.2.2. Раннедевонские интрузии**

Интрузии этого возраста слагают Рефтинский массив. На территории Сухоложского полигона располагается восточная часть массива. Массив сложен породами трех фаз. Первая фаза представлена габбро, реликты которых слагают поля внутри Рефтинского массива. Габбро – разномзернистое, от мелкозернистых до пегматоидных с пятнистой, иногда трахитоидной текстурой. Основными минералами являются плагиоклаз, пироксен, роговая обманка. Породы несут следы интенсивной дислоцируемости, по отдельным зонам развивается травянисто-зеленый эпидот.



Основная часть массива сложена породами второй фазы габбродиоритами. Текстура пород – грубопятнистая.

Завершающей является третья фаза кислого состава, представленная тоналитами, плагиогранитами, аплитами. Обычно тела гранитоидов – мелкие, ветвящиеся. С ними сопряжены зоны ассимиляции, сложенные гибридными породами, по составу изменяющимися от габбро до кварцевых диоритов и тоналитов. Гранитоиды обычно слагают мелкие тела, рассредоточенные среди габброидов по всему массиву

### 3.3.2.3. Среднедевонские интрузии

Среднедевонские интрузии представлены сухоложским субвулканическим комплексом. Петрографический состав данного комплекса пестрый – от базальтов до риолитов. По объему преобладают базальты и андезибазальты, которые образуют тела с площадью выхода первые км. Субвулканические образования кислого состава обычно образуют мелкие тела в виде даек. Субвулканические породы слагают тела причудливой формы и подчинены, как правило, радиально-дуговым разломам вулканических построек.

Среди субвулканических образований сухоложского комплекса выделяются интрузии базальтов, андезибазальтов, андезитов, дацитов, риолитов. Обычно эти породы лучше раскристаллизованы, чем аналогичные породы субфации текучих лав, а также большим размером вкрапленников.

Интрузии андезибазальтов можно наблюдать к северо-западу от базы отдыха «Бережок» на левобережье р. Пышмы. Субвулканические андезиты встречаются на левобережье реки Пышмы в верховьях ручьев Устиниха и Рудянка. В этом районе формы тел интрузий удлиненные, размером до 1,5 км.

Интрузии дацитов и риолитов наблюдаются на интервале от реки Рудянка до устья реки Шата. Местами обнажающиеся эндоконтактные зоны интрузий риолитов, в зависимости от состава вмещающих пород, сложены гибридными мелкопорфировыми дацитами, андезитами и риолитами.

### 3.3.2.4. Раннекаменноугольные интрузии

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне данные интрузии представлены бекленищевским субвулканическим комплексом. В составе комплекса выделяется две фазы. Первая фаза представлена габбродолеритами, долеритами и базальтами. Вторая фаза представлена породами кислого состава – риолитами и трахириолитами. Субвулканические образования представляют собой дайки и дайкообразные тела, ориентированные в близмеридиональном направлении. Вмещающими породами являются осадочные и вулканогенные образования. Породы первой фазы имеют темно-серую, черную, зеленовато-серую окраску. Характерные крупные вкрапленники пироксена и плагиоклаза. Риолиты и трахириолиты окрашены в светлые тона – белые, кремовые. Вкрапленники представлены кварцем, плагиоклазом.

В Рефтинско-Каменской подзоне интрузии раннекаменноугольного возраста представлены смолинским комплексом гипабиссальных габбродолеритов, долеритов. Морфологически данные породы представляют собой малые тела и дайки. Размер дайкообразных тел варьирует от первых десятков сантиметров до первых сотен метров по мощности и до 4 км по простиранию. Распространенность тел комплекса контролируется системой близ меридиональных разломов. Субвулканические образования, как правило, сложены однообразными по составу габбродолеритами в зонах закалки вблизи контактов с тонко-мелкозернистой структурой и средне-крупнозернистыми центральными частями.

### 3.3.2.5. Ранне-среднекаменноугольные интрузии

К ранне-среднекаменноугольным интрузиям отнесен некрасовский комплекс. Комплекс включает три интрузивные фазы (габбро-диорит-гранитовый). В рамках Сухоложского полигона можно наблюдать только магматические породы третьей (заключительной) фазы внедрения в виде некрупного (площадью 0,3 км) саттелита и одиночными дайками. Граниты, слагающие интрузив, являются мелкозернистыми биотитовыми, иногда с округлыми, элпсовидными зернами кварца. Дайки представлены биотитовыми гранодиорит-порфирами.

В северном направлении от Сухоложского полигона наблюдается серия массивов некрасовского комплекса (Артемовский, Алтынайский).

### 3.3.2.6. Позднепермские-раннетриасовые интрузии

В пределах Алапаевско-Айбыкульской подзоны различными исследователями выделялись маломощные тела и дайки и описывались как пикриты, керсантиты, миненета. Они характеризуются ультраосновным и основным составом в ассоциации с флогопитом, апатитом, иногда ортоклазом. Отличительной особенностью этих пород является высокое содержание редких земель цериевой группы (сумма редких земель 600-900г/т).

В районе р. Шаты среди пород сухоложской толщи изучены дайки мощностью до 2-3 м трахибазальтов с порфиоровыми выделениями клинопироксена и гидробиотита. Структура основной массы интерсертальная, в стекле много апатита и карбоната. Ранее эти дайки диагностировались как керсантиты. Порода имеет темно-серый цвет с зеленоватым оттенком, массивную текстуру, порфиоровую и мелкозернистую структуры. Дайки всегда имеют зоны закалки. Местоположение даек – левый берег р. Пышмы напротив Беленковской плотины и на левом берегу р. Шата в 1100 м от устья.

### 3.3.3. Тектоника

Характерной чертой геологического строения Сухоложского полигона является близмеридиональная ориентировка крупных тектонических структур в плане и слоисто-блоковое глубинное строение. По результатам интерпретации по Асбестовскому сейсмическому профилю, поверхность Мохо находится на глубине 37-39 км.

В изученном районе выделяется два структурных этажа, представленных структурно-тектоническими комплексами: ордовикско-триасовый (позднеуральский) и мезозойско-кайнозойский (урало-сибирский).

Как указывалось ранее, Сухоложский полигон находится на границе Рефтинско-Каменской и Алапаевско-Айбыкульской подзон. Границей подзон является крупный Тыгишский разлом меридиональной ориентировки. Вдоль Тыгишского разлома (ранее именуемое Рефтинской зоной смятия) породы рассланцованы, будинированы, милонитизированы, содержат протрузии серпентинитов (северной полигона), интенсивно переработаны гидротермальными процессами, в меньшей степени – экзогенными (линейное выветривание).

К Тыгишскому разлому торцово примыкает Рефтинский массив и Некрасовско-Маминский блок, представленный вулканогенными формациями среднего девона. Среди вулканитов встречаются пачки осадочных пород тонкозернистых фаций (свидетельство глубоководных условий).

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне выделено 4 блока. Для данной подзоны характерна устойчивая линейная форма блоков, близмеридиональная ориентировка, перемежаемость блоков, сложенных девонскими и каменноугольными образованиями.

В западном направлении выделяется Куртугузский блок, представленный осадочно-вулканогенными образованиями нижнего карбона, интенсивно и неравномерно дислоцированными.

Сухоложский блок сложен преимущественно вулканитами среднего девона. Здесь уверенно картируются фации вулканитов, в том числе выделена серия вулканических построек центрального типа. С вулканитами ассоциируют реликты коралловых рифов с обилием колоний строматопор. Положение рифовых построек позволяет отнести их к береговым барьерным рифам. В меньшем объеме представлены верхнедевонские морские образования – кремнистые, сменяющиеся во времени прибрежно-морскими грубообломочными. Толщи осадочных пород неравномерно смяты в систему пологих гребневидных и крутых складок. Вдоль осевых плоскостей складок обычно сформированы зонки дробления и брекчирования.

Кунарский блок сложен нижнекаменноугольными терригенно-угленосными (прибрежными) образованиями. Разрез наращивается морскими карбонатными образованиями того же возраста. На р. Кунара в мелких тектонических блоках локализованы прибрежно-морские отложения среднекаменноугольного возраста. Породы неравномерно смяты в складки, особенно интенсивно вблизи разрывных нарушений.

Буланашский блок представлен вулканитами среднего девона. О его строении мало данных, так как он перекрыт чехлом молодых отложений.

Помимо главных (меридиональных) разломов в описываемом районе широко развиты разрывные нарушения разной ориентировки, возраста и морфологии. Для вулканогенных структур характерна радиально-кольцевая система разломов. Наиболее молодые разломы имеют близширотное простирание. Разломы выражаются зонами смятия, расланцевания, тектоническими брекчиями, зеркалами скольжения, уступами в рельефе, водопадами, логами, линейными карстовыми формами. Нередко разломы залечены дайками и жилами.

Мезозойско-кайнозойский структурно-тектонический комплекс сформирован в условиях платформенного режима и представляет собой чехол молодой платформы. На начальной платформенной стадии континентального рифтогенеза в районе сформировались грабенообразные прогибы, сопровождающиеся образованием риолит-платобазальтовой формацией (за пределами полигона).

С этим этапом, по видимому, связано формирование малых тел лампроитоидов на «плечах» грабенообразных впадин. Впадины выполнены красноцветными угленосными осадками челябинской серии, со сменой сероцветными в верхних частях разреза.

Реликты подобных впадин имеют место в Буланашском блоке в восточной части геополигона.

На водоразделах в юре и мелу сформировались коры выветривания. Синхронно происходило развитие карста. В пределах карстовых полостей произошло накопление меловых отложений (песчано-глинистых). Средняя (основная) часть платформенного чехла представлена морскими отложениями верхнего мела, палеоцена-эоцена. Верхняя часть чехла сформировалась в миоцене, после регрессии моря.

### **3.3.4. Гидрогеология**

Среди подземных вод Сухоложского района выделяются четыре главных типа: трещинные, трещинно-карстовые, пластово-трещинные и пластово-поровые.

Первые два типа подземных вод приурочены к области распределения пород палеозойской эратемы, а пластовые воды фиксируются среди толщ кайнозойских отложений.

**Собственно-трещинные воды** развиты в основном среди толщи эффузивных пород девонского возраста и в меньшей степени среди песчано-сланцевых пород каменноугольного возраста: водообильность указанных пород небольшая, что определяется по дебиту источником, который обычно не превышает 0,1-0,2 л/с. Наибольшая водообильность локальной зоны, тяготеющей к тектоническим нарушениям в массивных породах.

**Трещинно-карстовые воды** приурочены к известнякам визейского яруса, отличаются большим расходом источника, который достигает 15-25 л/с. За счет подземных вод этого типа проектируется водоснабжение города Сухой Лог, здесь дебит скважин, побуренных в визейских известняках, достигает 55 л/с.

**Пластово-поровые воды** концентрируются в четвертичных песках и палеозойских песчаниках, образуя источники с дебетом до 5 л/с.

**Пластово-трещинные воды** карбонатных и терригенных пород дают многочисленные источники с колебаниями дебита от 0,05 до 0,3 л/с.

### 3.3.5. Геоморфология

Согласно геоморфологическому районированию, проведенному А.П.Сиговым (1962, 1969), рассматриваемая территория расположена в пределах двух геоморфологических районов – отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Граница между районами проходит по пос. Алтынай, западной окраине пос. Курьи и восточной окраине д. Кашино.

**Отпрепарированный Зауральский пенеплен** – это почти плоская, иногда слабо волнистая денудационная равнина, полого наклоненная с запада на восток от абсолютных отметок 220 до 160 м. Выравнивание этой поверхности произошло в юрском периоде. В период морских трансгрессий мела и палеогена эта территория покрывалась морем. Затем, под воздействием денудации чехол морских осадков был смыт и на дневную поверхность был снова выведен древний мезозойский пенеплен. За новейший тектонический этап территория испытала поднятие на 150 – 200 м.

**Континентально-морская цокольная равнина** – это типичная равнина с плоскими, часто заболоченными междуречьями. Породы фундамента здесь перекрыты толщей морских и континентальных мезо-кайнозойских отложений. Мощность их увеличивается с запада на восток от первых метров до 70 м.

Основными морфологическими элементами этого района являются плоские котловины, разделенные небольшими грядами с относительным превышением 0,5 – 1,5 м. Возраст цокольной равнины послезоценовый. В неотектонический этап произошло поднятие территории на 100 – 150 м.

В результате проявления неотектонических поднятий на оба типа рельефа наложился эрозионно-аккумулятивный рельеф новейшего этапа. Основными формами рельефа этого типа являются междуречья и речные долины.

**Формы рельефа междуречий** описаны при характеристике поверхностей отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Что касается речных долин, то они четко подразделяются на две группы: долины крупных рек и долины малых рек. К первой группе относятся долины рр. Пышмы, Рефта, Кунары; ко второй – их многочисленные притоки (речки Мокрая, Рудянка, Знаменка, Брусяна, Шата, Усолка и др.).

**Долины крупных рек** прорезают описанные выше геоморфологические районы в широтном и субширотном направлении. Характер речных долин резко меняется в зависимости от положения в том или ином геоморфологическом районе.

В пределах Зауральского пенеplена долины крупных рек глубоко врезаны (45 – 50 м), часто имеют каньонообразный поперечный профиль. Склоны долин слабо террасированы, характерны врезанные меандры. Даже высокая пойма часто бывает цокольной.

В пределах цокольной равнины долины крупных рек расширяются (до 1.5 – 2 км), имеют ящикообразный поперечный профиль. Склоны их террасированы. Наблюдается до четырех надпойменных террас. В придолинных склонах и на междуречьях встречаются “мертвые” долины, не связанные с современной гидросетью.

**Долины малых рек** не в такой степени изменчивы от их положения в пределах разных геоморфологических районов как долины крупных рек, ибо все они имеют, в основном, меридиональное и субмеридиональное направление. В верховьях почти все долины малых рек имеют вид ложбин или лощин, в средней части они, как правило расширяются, появляется террасированность склона (1 – 2, максимум 3 террасы), в низовьях долины малых рек в большинстве случаев сильно сужены, имеют V-образный поперечный профиль. Продольный профиль долин малых рек не выработан (порожистое, каменистое русло, водопады). Расширение и сужение долин связано с особенностями литологического состава пород, а также с проявлениями новейших и современных тектонических движений локального характера.

### 3.3.5.1. Речные террасы

В долинах крупных рек Сухоложского района прослеживается два комплекса террас: пойменные и надпойменные. К пойменным террасам относятся низкая и высокая поймы, а остальные – надпойменным.

**Низкая пойма** прослеживается в виде прерывистых полос по обеим сторонам русла в пределах цокольной равнины и фрагментарно – в пределах пенеplена. Ширина ее от первых метров до первых сотен метров, высота – от 0.5 до 1.0 м. Небольшие острова в руслах рек в большинстве случаев относятся к пойме. Низкая пойма всегда аккумулятивная, сложена осадками русловой фации – песками, галечниками. Возраст отложений низкой поймы позднеголоценовый.

**Высокая пойма** развита повсеместно. Высота ее колеблется от 0.8 до 3 м, ширина достигает 200 м. На поверхности высокой поймы часто прослеживается несколько уступов, высота которых не превышает 0.5 – 0.7 м. Высокая пойма в большинстве случаев аккумулятивная. Наблюдается четкая дифференциация осадков поймы: верхи сложены песчано-глинистыми осадками пойменной фации, а низы – гравийно-песчано-галечными осадками русловой фации. Осадки высокой поймы датируются ранним голоценом (3 – 10 тыс. лет).

**Первая надпойменная терраса.** Ширина террасы достигает 300 м, высота – от 3 до 6 м. Поверхность террасы ровная, обычно слегка наклонена в сторону тылового шва. Прослеживается терраса фрагментарно. Возраст первой надпойменной террасы 12 – 20 тыс. лет (верхи позднего плейстоцена).

**Вторая надпойменная терраса** имеет ограниченное распространение в области Зауральского пенеplена и значительное – в области цокольной равнины.

В пределах Зауральского пенеplена терраса чаще всего эрозионно-аккумулятивная (цокольная), где высота цоколя колеблется от 1 до 5 м.

В пределах цокольной равнины терраса аккумулятивная. Разрез террасы четко дифференцирован на фации (русовая, пойменная). Возраст террасы – низы позднего плейстоцена (70 – 100 тыс. лет).

**Третья надпойменная терраса** имеет весьма ограниченное распространение, слабо изучена. Терраса всегда эрозионно-аккумулятивная. Высота поверхности террасы над урезом реки 12 – 20 м, цоколя – 8 – 15 м. Возраст террасы – верхи среднего плейстоцена.

**Четвертая надпойменная терраса** развита очень широко по крупным рекам района в пределах цокольной равнины. Высота поверхности террасы над урезом реки колеблется от 5 до 35 м. Терраса сложена грубым псчано-гравийным материалом полимиктового состава с диагональной слоистостью. Возраст данной террасы – средний плейстоцен (200 тыс. лет).

В долинах малых рек прослеживаются 1 – 2 (максимум 3) террасы голоценового возраста и одна (максимум 2) позднеплейстоценовые террасы.

**Из малых эрозионных форм рельефа** в Сухоложском районе широким развитием пользуются балки, ложбины, лощины, а в пределах цокольной равнины – овраги.

Широким развитием пользуются **конусы выноса**. Их возраст голоценовый.

### 3.3.5.2. Карстовые формы рельефа

Современный карст на территории Сухоложского района развит ограниченно. Небольшие участки его отмечены на междуречье рек Пышмы и Кунары, главным образом, на склонах речных долин, где карстующиеся породы (известняки) непосредственно выходят на дневную поверхность или перекрыты маломощным чехлом четвертичных отложений.

Формы современного карста: западины, воронки, пещеры.

**Западины** – понижения (блюдца) глубиной до 2 м и диаметром до 50 м (суффозионно-карстовый тип рельефа).

**Воронки** – углубления округлой, овальной или неправильной формы. Размер колеблется в широких пределах: глубина – 2 – 15 м, диаметр – до 30 м. Образование карстовых воронок обуславливается наличием зон повышенной трещиноватости и контактов известняков с терригенной толщей. По происхождению различают: провальные воронки, воронки выщелачивания и просасывания.

**Пещеры** – крупные пустоты в породах. Встречаются по рекам Пышме и Кунаре в пределах площадей развития известняков. Пещеры небольшие, обычно в виде ниш (пещера Гебауэра и др.).

Древний погребенный карст в современном рельефе не выражен, вскрывается карьерами, буровыми скважинами. Основные формы древнего карста – воронки и котловины. Воронки выполнены континентальными отложениями мела. Образование древнего карста района происходило, в основном в мезозое.

### 3.3.6. Полезные ископаемые

В описываемом районе имеются месторождения полезных ископаемых различных типов: горючие, металлические, неметаллические и строительных материалов.

### 3.3.6.1. Горючие полезные ископаемые

Горючие полезные ископаемые района представлены месторождениями и проявлениями каменного угля. Открытие каменного угля в районе с. Сухоложского относится к 1947 г. Было установлено, что наиболее значительные скопления каменного угля приурочены к двум горизонтам терригенной толщи ранневизейского возраста. Проявления угля представляют собой линзообразные включения среди углисто-глинистых и углистых сланцев. Хотя подсчитанные запасы угля весьма значительны, изменчивость угленосности по мощности, простиранию и падению, а также интенсивной дислоцированностью слоев не позволяет вести здесь добычу в промышленных масштабах.

### 3.3.6.2. Металлические полезные ископаемые

Металлические полезные ископаемые района представлены проявлениями железных, медных и алюминиевых руд, а также россыпей золота.

**Железные руды** района представлены лимонитами инфильтрационного происхождения (алапаевского типа). Лимониты приурочены к основанию “беликовой” толщи и обычно располагаются в понижениях карстового рельефа нижнекаменноугольных известняков. Лимониты встречаются в Кашинском руднике на левом берегу реки Кунары, в 200 метрах западнее южной окраины села Кашино. Рудник представлен карьером размером 200х300 м. и глубиной до 30 м. Бурые железняки образуют гнездообразные тела, приуроченные к низам беликовой толщи, залегающей на закарстованной поверхности известняков.

Также лимониты имеются в Свято-Чудовском месторождении, который расположен в верхней части правого склона долины реки Кунары против северо-восточной окраины села Кашино. Формы залегания лимонита те же, что на Кашинском руднике.

**Бокситы** (руда на алюминий) были обнаружены южнее курорта Курьи в 1943 году. Данные геологоразведочных работ, проведенных с целью поисков и разведки бокситов, свидетельствует о том, что рудные тела мощностью до 5 метров залегают на глубине 6-20 м. от поверхности и имеют карстовое происхождение.

**Медно-сульфидная минерализация** в районе была впервые отмечена в 1950 г. в риолитах на левом склоне долины р. Пышмы в 520 м. выше Сухоложской плотины. Рудная минерализация представлена в основном пиритом и халькопиритом.

**Полиметаллическая минерализация.** В районе устья реки Каменки в левом борту реки Пышмы встречаются обломки карбонатных пород с пиритом, сфалеритом, халькопиритом и галенитом. В двух км севернее устья реки Каменки была пройдена линия поисковых скважин, в одной из которых среди андезитов и долеритов порфировых и микрокварцевых была встречена сульфидная минерализация, представленная жилками пирита мощностью до двух см., вкрапленники халькопирита, галенита. Серноколчеданная и полиметаллическая минерализация простирается разобщенно. Сфалерит, халькопирит и галенит приурочены к доломитовым прожилкам, представляют полиметаллический тип оруденения.

**Золото** в коренном залегании известно в верхнем течении реки Рефт за пределами исследуемой территории. В шлиховых пробах оно встречено на р.р. Рудянка, Пышма, Брусяна, Каменка.

**Серный колчедан.** Пиритная минерализация широко распространена в ряде пунктов в породах самого различного состава и генезиса. Она известна в порфировых риолитах на р. Рудянке и на правом берегу р. Пышмы у базы практики, в вулканитах на р. Рефт, в риолитах ближе устья р. Шаты, в туфах андезитов, базальтов, а также в

конгломератах левого берега р. Каменки против д. Вальной. Колчеданная минерализация имеет гидротермальное происхождение.

### 3.3.6.3. Неметаллические полезные ископаемые

Неметаллические полезные ископаемые в районе представлены незначительными проявлениями исландского шпата и жильного кварца.

**Исландский шпат.** Кристаллы и друзы прозрачного кальцита встречаются в известняковом карьере на левобережье р. Пышмы в 0,5 км к юго-востоку от пещеры Гебауэра и в известняковом карьере цементного завода (в 2-х км к юго-востоку от ст. Кунара). Размеры кристаллов достигают 3 см.

**Жильный кварц** известен в левом склоне долины р. Пышмы между автодорожным мостом и д. Глядены. Качество его не высокое, запасы не известны

### 3.3.6.4. Строительные материалы

В Сухоложском районе имеются проявления строительных материалов, а также сырья, пригодного для производства строительных материалов. К ним относятся известняки, огнеупорные, цементные и кирпичные глины, опоки, песчано-гравийный материал, природный щебень и бутовый камень.

**Известняки** распространены в районе чрезвычайно широко. Обнажения их прослеживаются вдоль р. Пышмы от г. Сухого Лога до пос. Курьи и по р. Кунара от с. Кашино до с. Заимка. Добыча известняков для производства цемента производилась на Кунарском карьере известняков. На Ново-Сухоложском месторождении производится добыча цементных глин и аргиллитов среди терригенных пород нижнего карбона. На Курьинском месторождении разрабатываются эоценовые трепела и опоки.

**Глины.** Месторождения глин в Сухоложском районе достаточно разнообразны. Цементные и кирпичные глины разведаны на правом берегу р. Пышмы к югу от ж/д линии, где они образуют покров мощностью 6-10 м. огнеупорные глины добывались на водоразделе рек Пышма и Кунара в районе д. Кашино. Разработка шла шахтным, а затем открытым способом. На правом берегу реки Кунара известны белые каолиновые глины.

Кроме того, в районе известны месторождения строительных песков и глин, песчаников и конгломератов, опок и трепелов, минеральных красок.

### 3.3.6.5. Подземные воды

Полоса карбонатных пород шириной около 4,5 км между реками Пышма и Кунара образует самостоятельную гидравлическую систему, которая выделена в качестве Кашинского месторождения подземных вод. Площадь месторождения составляет 24 км<sup>2</sup>. В пределах Кашинского месторождения находится несколько водозаборов и родник Сухоложской бумажной фабрики. Основной водоотбор происходит на Кунарском карьере известняков. На всех водозаборах Кашинского месторождения подземных вод отбирается 7,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

## 3.4. Экологическая характеристика района

Оценка экологической ситуации производится на всех стадиях геологоразведочных работ, поэтому на практике студенты обязаны приобрести необходимые навыки подобной оценки.



Сухоложский геополигон согласно геоморфологическому районированию находится в двух геоморфологических районах: отпрепарированном Зауральском пенеппене (западная часть) и континентально-морской цокольной равнине (восточная часть).

На полигоне выделяется три морфологических типа природных ландшафтов: денудационная равнина, цокольная равнина, долины крупных и малых рек. Из техногенных ландшафтов выделены два типа: техногенно-образованные и техногенно-измененные. К первым относятся карьерные поля, отстойники, торфоразработки. Ко вторым отнесены промышленные зоны городов, поселков, загрязненные участки почвогрунтов, поверхностных вод.

Денудационная равнина характеризуется плоскими междуречьями с пологим уклоном местности от 207 м на западе до 170 м на востоке с узкими коньконообразными долинами. Район имеет сложное геологическое строение. Развита магматическая и осадочная породы. Район относится к лесостепной зоне. Леса сосновые и березово-сосновые. Почвы дерново-подзолистые, реже лугово-болотные.

Цокольная равнина характеризуется плоским рельефом с уклоном от 170 до 137 м. В геологическом строении преобладают осадочные породы, в том числе мезозоя и кайнозоя. Почвы дерново-подзолистые, серые лесные, луговые и болотистые.

Долины рек (Пышма, Рефт, Кунара) проходят транзитом через всю территорию полигона. По долинам развит пойменный и террасовый комплекс. Характерны скальные выходы коренных пород, боковая и глубинная эрозия. Реки часто зарегулированы системой прудов. Почвы в речных долинах аллювиальные и торфяно-подзолистые. Растительность лугово-кустарниково-лесная.

Техногенно-измененные ландшафты – это в основном промышленные и служебные зоны городов и других населенных пунктов. Наиболее крупным населенным пунктом является г. Асбест с промышленными объектами. Наиболее вредным объектом для окружающей среды является цементный завод с большими объемами выбросов пыли. Дорожная сеть развита в основном в черте населенных пунктов. Внешние транспортные артерии представлены автодорогами и железными дорогами местного значения. Вдоль трасс выделяются линейно вытянутые линейные техногенные аномалии.

Естественный режим многих рек изменен созданием на них прудов и водохранилищ, вдоль береговой линии которых развиваются оползневые процессы.

Наиболее загрязненной рекой является р. Пышма из-за промышленных и хозяйственно-бытовых стоков г. Екатеринбурга, Березовска, В.Пышмы. В воде р. Пышма зафиксированы тяжелые металлы, фенолы, фтор, мышьяк, медь с концентрациями превышающими нормы.

К промышленному загрязнению окружающей среды добавляется загрязнение атмосферы, почв, гидросферы выбросами Рефтинской ГРЭС. Протяженность выброса загрязняющих веществ Рефтинской ГРЭС составляет 30 км (след загрязнения зафиксирован в зимний период по космическому снимку), т.е. загрязняются почвы до г. Сухой Лог.

Сельскохозяйственная освоенность территории составляет четвертую часть площади (в основном пригородно-овоще-картофеле-молочные направления). Навозохранилища, склады ГСМ и удобрений, свалки, шлакоохранилища, накопители очистных сооружений дают начало локальным природным и природно-техногенным аномалиям.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение производится из скважин и родников. Динамика изменения состава подземных вод в процессе эксплуатации скважин свидетельствует об увеличении минерализации в 1,1-2,3 раза за счет увеличения концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов.

Карьерные воды эксплуатируемых месторождений строительных материалов по данным мониторинга также изменяют свой состав. На Кунарском карьере известняков зафиксировано увеличение содержания сульфат иона в результате аэрогенного загрязнения серной кислотой от выбросов завода «Вторцветмет» (г. Сухой Лог) и окисления сульфидных минералов в техногенной зоне аэрации. Загрязнителями подземных вод являются также свалки бытовых отходов. При отработке карьеров в процессе понижения уровня подземных вод формируется техногенная зона аэрации. Восстановительные условия сменяются окислительными, что приводит к окислению сульфидов коры выветривания и загрязняющих соединений в теле свалки и переводу их в растворимые формы.

В затопленный карьер рудника «Белая глина» производится сброс производственных стоков Сухоложского завода мостовых и дорожных конструкций. Стоки содержат повышенные концентрации нефтепродуктов, хлоридов, сульфатов. Вся сбрасываемая вода поступает в подземные воды.

Влияние экзогенных процессов на экологию среды незначительное. На локальных участках наблюдается оврагообразование. В долинах рек происходят малоактивные процессы донной и боковой эрозии. Небольшие оползни зафиксированы по крутым берегам прудов. Вблизи озер и прудов отмечено заболачивание. В пределах развития карбонатных пород установлено карстообразование. При бурении скважин карстовые формы вскрыты до глубины 117 м. Максимальная закарстованность проявлена в верхней части разреза (до 30-50 м), что соответствует глубине вреза долины р. Пышмы – основной дрены района. Карстовые воронки и полости развиваются в известняках по трещинам напластования и кливажа. Наиболее глубоко в толщу известняков проникает мезозойский карст. Он, как правило, залечен глинистым и песчаным материалом. Открытые карстовые полости, образовавшиеся в четвертичное время, встречаются до глубины 45-50 м. Положение карстовых форм необходимо учитывать при строительстве сооружений, мостов, линий ЛЭП.

Студентам предлагается провести экологическое районирование в рамках выделенных полигонов по степени влияния техногенных изменений на природный ландшафт. Для этого рекомендуется использовать классификацию из 4 групп.

1. Изменения не превышают 10% территории (не измененные).
2. Изменения составляют 10-25% территории (слабо измененные).
3. Изменения составляют 25-50% территории (средне измененные).
4. Изменения составляют более 50% территории (сильно измененные).

## Рекомендуемая литература:

### Изданная

1. Горский И.И. **Детальная геологическая съемка с. Сухоложского.** / Тр. Геолкома, вып. 182, 1928.
2. Кейльман Г.А., Желобов П.П. и др. **Учебная геологосъемочная практика.** Учебное пособие. - Свердловск: Изд. СГИ им. В.В.Вахрушева, 1981.
3. Козин А.В. **Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье.** Учебное пособие.-Екатеринбург: Изд.УГГГА, 2004.
4. **Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1: 50 000.** /Под редакцией Купмана А.С. – Л.: Недра, 1978.
5. Огородников В.Н. и др. **В краю потухших вулканов.** Учебное пособие. -Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1997.
6. Огородников В.Н. и др. **Геологические маршруты по Сухоложскому и Каменскому полигонам.** Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002.
7. **Наставления по сбору и изучению палеозойских кораллов.** – М.: Наука, 1964.
8. **Наставления по сбору и изучению брахиопод.** – М.: Наука, 1962.
9. **Полевая геология: справочное руководство.** - Л., Недра, 1989.
10. Сигов А.П. **Геоморфология Урала.** – В сб.: Геология СССР, т. XII, ч. 1, кн. 2. –М.: Недра, 1969.

### Фондовая

1. Олерский В.П. и др. **Геологическая съемка и геологическое доизучение масштаба 1: 50 000 групповым методом Рефтинской площади.** –Свердловск, 1978.
2. Рыбалко В.А. и др. **Геологическое доизучение масштаба 1: 200 000 Адуйской площади, лист О-41-XXVI (Среднеуральская серия).** – Екатеринбург, 2002.

## Приложение 1

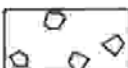

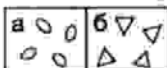
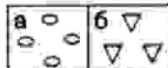
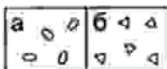
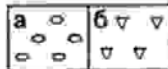
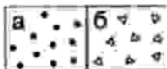
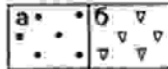



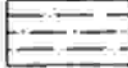


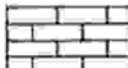

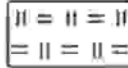
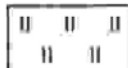
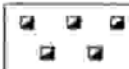

### План описания пород различных типов

Осадочные	Вулканогенные	Магматические
• Характер чередования типов пород по вертикали	• Характер чередования типов пород по вертикали	• Минеральный состав
• Тип переслаивания, ритмичность	• Тип переслаивания, ритмичность	• Полосчатость, линейность, их залегание
• Мощность образований общая	• Мощность образований общая	• Включения, ксенолиты, стяжения, пустоты, размер, ориентировка
• Характеристика специфических образований	• Характеристика специфических образований	• Границы фациальных зон
• Степень литификации	• Элементы залегания флюидальности, порфировых выделений, обломков	• Эндоконтактовые зоны
• Зернистость, размеры и форма зерен, их минеральный состав	• Состав, форма и размеры порфировых выделений, содержание	• Вторичные изменения
• Обломки пород, их состав, форма, окатанность, содержание, сортировка, ориентировка	• Включения, форма, размеры, окатанность, распределение по породе, содержание	
• Пористость, пустоты заполнения	• Основная масса, раскристаллизация, количество стекла, структура	
• Цемент, его состав, тип выполнения, содержание	• Характер дислокаций, трещиноватость	
• Вещественный состав (карбонатность, углистость, прожилки ...)	• Литокристалло-класты, форма, размер, сортированность, содержание	
• Запах, его интенсивность	• Обломки пород, состав, размер, форма, окатанность, содержание	
• Наличие и состав конкреций, стяжений, включений	• Цемент, структура, состав, тип выполнения, содержание	
• Органические остатки, сохранность, внешний облик, распределение	• Вторичные изменения (изменения окраски, структуры, состава, свойств)	

Метаморфические	Метасоматические
• Минеральный состав, форма и размер зерен	• Минеральный состав, форма и размер зерен
• Сланцеватость, кливаж, элементы залегания, соотношение кливажа с полосчатостью	• Метаморфическая зональность, ее направленность, интенсивность
• Изменения минералов и породы	• Название первичной породы
• Фация метаморфизма	
• Первичная порода	
• Ультраметаморфизм	

## Условные обозначения:

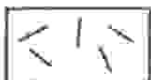
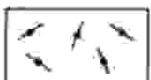
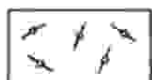

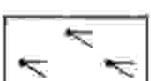



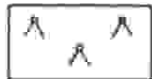
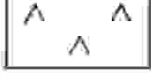





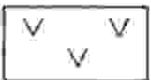

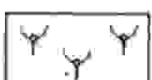

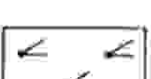
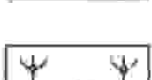


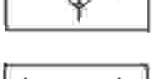








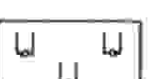
### Обломочные и глинистые породы разного состава

Рыхлые	Сцементированные
 Глыбы	 Глыбовые брекчии
 Валуны (а), неокатанные валуны (б)	 Валунный конгломерат (а), валунные брекчии (б)
 Гальки (а), щебень (б)	 Галечниковый конгломерат (а), щебеночные брекчии (б)
 Гравий (а), древесина (б)	 Гравийный конгломерат (а), древесная брекчия (б)
 Пески	 Песчаники
 Алевриты	 Алевролиты
 Глины	 Аргиллиты
<b>Карбонатные</b>	
 Известняки	 Доломиты
<b>Кремнистые</b>	
 Трепелы, диатомиты	 Радиолариты, яшмы
<b>Сульфатно-галогенные</b>	
 Гипс	 Ангидрит

## ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ



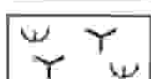
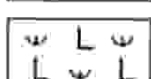
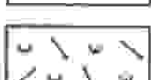
### Эксплозивно-обломочные породы сцементированные (туфы)

Туфы преобладающего состава	Петрохимические ряды			
		Нормальный	Субщелочной	Щелочной
	кислого (риолитов и др.)			
	среднего (андезитов и др.)			
	основного (базальтов и др.)			
ультраосновного (пикритов и др.)				
Туфы разного состава				

Состав	Петрохимические ряды		
	Нормальный	Субщелочной	Щелочной
Ва	 Риолиты	 Трахириолиты	 Комендиты
Т	 Риодациты	 Трахириодациты	 Пантеллериты
С	 Плагioriодациты	 Трахидациты	 Щелочные трахидациты
К	 Дациты	 Трахидациты	 Щелочные трахиты
Д	 Андезиты	 Трахиандезиты	 Щелочные трахиты
Среднего	 Андезиты	 Трахиандезиты	 Фонолиты
Р	 Андезибазальты	 Трахиандезибазальты, латиты	 Основные фонолиты
Основного	 Базальты	 Трахибазальты	 Щелочные базальтоиды
П	 Пикробазальты	 Пикробазальты	 Основные фойдиты
У	 Пикриты	 Субщелочные пикриты	 Щелочные пикриты
Ультраосновного	 Пикриты	 Субщелочные пикриты	 Щелочные пикриты

## ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

### Осадочно-пирокластические породы (туффиты)

Сцементированные	Рыхлые
	
 Псефитовый туффит разного состава	
 Псамитовый туффит основного состава	
 Пелитовый туффит преимущественно риолитового состава	

# СЕМЕЙСТВА ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД

## Петрохимические ряды

	Нормальный		Субщелочной		Щелочной	
Сильные		Лейкограниты		Субщелочные лейкограниты		Щелочные лейкограниты
		Граниты		Субщелочные граниты		Щелочные граниты
		Плагиограниты				
Средние		Гранодиориты		Граносиениты		Щелочные граносиениты
				Сиениты, кварцевые сиениты		Щелочные сиениты
		Кварцевые диориты		Кварцевые монзониты и кварцевые монцодиориты		Фельдшпатоидные сиениты
		Диориты		Монзониты, монцодиориты		
Основные		Анортозиты				Основные фельдшпатоидные сиениты
		Габброиды		Субщелочные габброиды		Щелочные габброиды
		Перкиты (пироксениты, гарнблендиты)				Основные фойдолиты
Ультраосновные		Перидотиты		Кимберлиты		Ультраосновные фойдолиты
		Дуниты				Мелилитолиты
		Ультрамафиты (гипербазиты) без расчленения				Карбонатиты
		Апогипербазитовые серпентиниты				

Порфиновые породы обозначаются комбинацией знаков видов или разновидностей пород с точками

## Метаморфические породы



### Нерасчлененные по фациям



## Тектониты



## СОСТАВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ







Министерство науки и высшего  
образования РФ  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный  
горный университет»

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**по подготовке выпускной квалификационной  
работы (ВКР) специалиста  
для студентов специальности  
21.05.02 – «Прикладная геология» специали-  
зации «Геологическая съемка, поиски и раз-  
ведка месторождений твердых полезных иско-  
паемых»**

Автор: Баранников А.Г., профессор, д.г.-м.н

Екатеринбург

# Министерство образования и науки

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОБЩАЯ (ТИПОВАЯ) СТРУКТУРА ВКР (ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА).....	7
ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К ВКР (ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ).....	9
СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ВКР (ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ).....	10

### *Содержание текстовой части ВКР*

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	10
1.1. Геологическое строение района.....	10
Общие сведения о районе работ.....	10
Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность района.....	12
Стратиграфия, литология пород.....	13
Магматизм.....	13
Метаморфизм и метасоматические изменения пород.....	13
Тектоника.....	14
Геоморфология.....	14
История геологического развития.....	15
Гидрогеология и инженерная геология.....	16
Полезные ископаемые.....	15
1.2. Геологическое описание месторождения (участка).....	16
1.3. Примерная тематика специального раздела.....	18
2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	20
2.1. Анализ результатов выполненных работ. Обоснование целевого геологического задания.....	20
2.2. Методика проектируемых работ.....	21
Поисковые, оценочные работы.....	22
Разведка (доразведка), эксплуатационная разведка.....	23
2.3. Опробование и аналитические работы.....	24
2.4. Геофизические работы.....	25
2.5. Прочие виды работ.....	26
2.6. Подсчет запасов и геолого-экономическая оценка (ГЭО) изучаемого объекта.....	27
Оценка прогнозных ресурсов и их ГЭО на стадии поисковых работ. ...	27
ГЭО запасов на стадии оценочных работ и разведки месторождения..	29
3. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	31
3.1. Технология бурения скважин.....	31

3.2. Технология проходки разведочных горных выработок.....	32
3.3. Разработка мероприятий по охране недр и окружающей среды.....	33
4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	33
4.1. Техничко-экономические расчѐ нования.....	33
4.2. Организационно-производственные и хозяйственно-бытовые вопросы.....	36
4.3. Особенности проектирования, организации отдельных видов работ.....	36
4.4. Смета.....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40
5. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА.....	41
6. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР.....	42
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	48
Приложение 1. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ВКР.....	50
Приложение 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА.....	51
Приложение 3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИСТА «РЕФЕРАТ».....	53
Приложение 4. ФОРМА ШТАМПА К ЧЕРТЕЖАМ ВКР.....	54
Приложение 5. ПРИМЕРЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ОПИСАНИЙ ДЛЯ ФРОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ.....	55

## ВВЕДЕНИЕ

Подготовка выпускной квалифицированной работы (ВКР) специалиста – завершающий этап обучения студента в вузе. По результатам успешной защиты работы (Итоговой государственной аттестации) студентам присваивается *квалификация горного инженера*. ВКР является наиболее значительной по объему и содержанию за весь период обучения. Она не только подводит итог обучения студента, но и отражает общий уровень его знаний по специальности и профессиональной подготовке.

*Целью и задачами подготавливаемой ВКР являются:* 1) закрепление и расширение знаний в области социально-экономических, естественно-научных и профессиональных дисциплин; 2) отражение в работе знаний студента по дисциплинам специализации, включающим сведения по геологии месторождений твердых полезных ископаемых, их прогнозированию, поисках и разведке, экономике и организации геологоразведочных работ; 3) овладение навыками принятия самостоятельных геологических и инженерных решений с использованием современных компьютерных технологий и научной обработки собранных фактических материалов.

В основу ВКР должны быть положены материалы, собранные в период прохождения преддипломной практики. Указывается место, условия прохождения, продолжительность практики, виды работ, выполнявшихся студентом. Приводится перечень собранных материалов, включающий как собственные наблюдения и данные геологической документации, так и фондовые и опубликованные источники.

Выполняется ВКР в виде подготовленного проекта (дипломного проекта) или научно-исследовательской работы (дипломной работы).

Основным видом подготавливаемой ВКР является *проект* на выполнение работ, отвечающий определенной стадии геологоразведочного проекта. В соответствии с Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по

этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые) (1999) темой дипломного проекта могут быть:

- 1) Поисковые работы на ... (указывается полезное ископаемое) в пределах... (конкретного участка, являющегося частью рудного района, рудного узла, рудного поля).
- 2) Оценочные работы в пределах... (выявленного проявления полезного ископаемого с оцененными прогнозными ресурсами категории  $P_1$  и  $P_2$ ).
- 3) Разведка... (конкретного месторождения или части его).
- 4) Разведка (доразведка)... месторождения в пределах... (горного отвода – флангов, глубоких горизонтов, отдельных изолированных тел для перевода запасов в более высокие категории).
- 5) Эксплуатационная разведка... (в пределах отдельных блоков, уступов, этажей конкретных месторождений).

Проектирование является сложным и ответственным видом работ. От того, насколько полно и объективно разработан проект на производство геолого-разведочных работ, во многом зависит конечный положительный результат. Попадая на производство, молодого специалиста нередко привлекают к составлению проектов. Самым сложным в этой ситуации является то, что автор проекта *должен принимать самостоятельные решения*, обеспечивающие решение сформулированных в геологическом задании задач. Занимаясь проектированием в рамках ВКР, студент приобретает определенные навыки, необходимые ему в будущей профессиональной деятельности.

Если студентом при прохождении первой и второй (преддипломной) производственных практик был собран представительный геологический материал и у него проявлена склонность к научно-исследовательской работе, дипломный проект (в рамках ВКР) может быть заменен на *дипломную работу*. Темы исследовательских квалификационных работ могут касаться разных проблем геологии месторождений твердых полезных ископаемых, литолого-петрографической характеристики рудовмещающих пород, вещественного со-

става пород, методики прогнозирования полезных ископаемых, их поисков, разведки и т. д. Выводы и рекомендации, вытекающие из результатов выполненных исследований, должны иметь научную и прикладную направленность.

Элементы исследовательской работы должны присутствовать в каждом разрабатываемом студентом проекте. Результаты выполненных исследований находят отражение в специальном разделе проекта. Темы возможных спецглав сформулированы ниже (раздел 1.3). Разработанная тема должна быть увязана с темой дипломного проекта и всеми ее разделами.

Производственные проекты на выполнение геологоразведочных работ разрабатывают согласно требованиям Инструкции по составлению проектов и смет..., 1993. Учебные проекты, подготовленные в рамках ВКР, близки по содержанию упомянутому документу, но содержат ряд отличий, связанных с необходимостью более подробного изложения и обоснования дипломниками целого ряда вопросов как геологического, так методического и экономического содержания.

ВКР в форме проекта состоит из четырех разделов: геологического (приблизительно 35 % от общего объема), методического (25 %), технического (20 %) и экономического (20 %). Специальная глава обычно располагается в геологическом или методическом разделах проекта, будучи связанной с его содержанием. Общий объем текстовой части не должен превышать 90 – 110 страниц машинописного текста (исключая таблицы, рисунки, фотографии). Объем графических приложений обычно составляет 5 – 7 листов. Их содержание рассмотрено ниже. При оформлении графики необходимо задействовать современные компьютерные технологии (программные документы *Arc View*, *Arc Info*, *Surfer*, *Micro main* и др.).

#### ОБЩАЯ ТИПОВАЯ СТРУКТУРА ВКР (дипломного проекта)

Дипломный проект включает четыре раздела: геологический, методический, технический, экономический. Типовая структура ВКР и ориентировочный объем ее разделов приведены ниже.

## ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

## ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВКР

## РЕФЕРАТ

Текстовая часть ВКР включает:

### ОГЛАВЛЕНИЕ.

### ВВЕДЕНИЕ.

### 1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 35 – 40 с.

#### 1.1. Геологическое строение района.

Общие сведения о районе работ.

Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность.

Стратиграфия, литология пород.

Магматизм.

Метаморфизм и метасоматические изменения пород.

Тектоника.

Геоморфология.

История геологического развития.

Гидрогеология и инженерная геология.

Полезные ископаемые.

#### 1.2. Геологическое описание месторождения (участка).

#### 1.3. Примерная тематика специального раздела.

### 2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 25 – 30 с.

2.1. Анализ результатов выполненных работ. Обоснование целевого геологического задания.

#### 2.2. Методика проектируемых работ.

Поисковые, оценочные работы.

Разведка (доразведка), эксплуатационная разведка.

#### 2.3. Опробование и аналитические работы.

#### 2.4. Геофизические работы.

#### 2.5. Прочие виды работ.

2.6. Подсчет запасов и геолого-экономическая оценка (ГЭО) изучаемого объекта.

Оценка прогнозных ресурсов и их ГЭО на стадии поисковых работ.

ГЭО запасов на стадии оценочных работ и разведки месторождения.

3. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 15 – 20 с.

3.1. Технология бурения скважин.

3.2. Технология проходки разведочных горных выработок.

3.3. Разработка мероприятий по охране недр и окружающей среды.

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 15 – 20 с.

4.1. Техничко-экономические расчеты и обоснования.

4.2. Организационно-производственные и хозяйственно-бытовые вопросы.

4.3. Особенности проектирования и организации отдельных видов работ.

4.4. Смета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К ВКР (дипломному проекту)

Лист 1. Геологическая карта района работ (масштаб 1:50000 – 1:200000) со стратиграфической колонкой и геологическими разрезами того же масштаба.

Лист 2. Геологическая карта месторождения (участка работ) (масштаб 1:5000 – 1:10000).

Лист 3. Геологические разрезы (фактические и проектные)

Лист 4. Методический лист, содержащий: план месторождения с нанесенными пройденными и проектными выработками; блокировку проектных запасов (прогнозных ресурсов); при необходимости – продольную вертикальную проекцию рудных тел и т. д.

Лист 5 и 6. Иллюстрационная графика к специальному разделу, включающая фотографии, зарисовки, схемы и иную информацию. Излагаемый материал может относиться как к геологическому, так и методическому разделам проекта.



## СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ВКР (дипломной работы)

Научно-исследовательские выпускные квалификационные дипломные работы по тематике, методике выполнения, целям и задачам исследований, их ожидаемым результатам достаточно *индивидуальны*. Можно предложить следующую последовательность изложения материала:

1) введение (актуальность сформулированной темы, цель и задача исследований);

2) геологическое строение площади (участка), условия локализации оруденения;

3) методика исследований: сбор полевой геологической информации, ее обобщение, технологии обработки собранных данных;

4) результаты исследований, их обсуждение.

Заключение (основные выводы, направление дальнейших исследований).

## СОДЕРЖАНИЕ ТЕКСТОВОЙ ЧАСТИ ВКР

### ВВЕДЕНИЕ

Формулируются задачи, поставленные перед геологической организацией на современном этапе. Значение оцениваемого минерального сырья в экономике страны и региона. Указывается место, условия прохождения, продолжительность преддипломной практики; отмечаются виды производственных работ, выполнявшихся студентом. Приводится перечень собранных материалов в ходе самостоятельных исследований. Указываются основные литературные источники (фондовые и опубликованные), использованные при подготовке ВКР.

## 1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 1.1. Геологическое строение района

#### *Общие сведения о районе работ*

Указывается географическое и административное положение района, его границы, орогидрография. При характеристике современного рельефа приво-

дятся сведения об абсолютных отметках, относительных превышениях, характере расчлененности поверхности. Дается оценка обнаженности района (км<sup>2</sup>, %): хорошая, удовлетворительная, плохая. Сейсмичность, оползни, карстовые явления, затрудняющие проведение геологических работ.

Климат (количество осадков и их распределение по месяцам, средние температуры зимой и летом, продолжительность зимнего и летнего периодов, преобладающие ветры), высота снежного покрова, начало и конец ледостава, глубина промерзания грунта, наличие многолетней мерзлоты, возможность проявления селей и снежных лавин. Сроки действия зимников, речной (морской) навигации.

Растительность – видовой состав, густота леса. Возможность использования лесных угодий для заготовки деловой древесины и дров. Мощность почвенного покрова, заболоченность, пустынность, сельскохозяйственные угодья, пашни и т. п. Дается оценка проходимости территории: хорошая, удовлетворительная, плохая.

При характеристике современной гидрографической сети кратко описывается режим рек и озер с указанием среднемесячных расходов и колебаний уровня воды в водотоках, характер и время проявления паводков. Отмечается наличие искусственных водоемов, родников, источников питьевой и технической воды с указанием расстояния от них до объекта работ.

Рассматривается значение изучаемого месторождения для экономики района и региона в целом. Приводятся сведения о городах, поселках, существующих и строящихся предприятиях (шахты, карьеры, обогатительные фабрики и т. п.), удаленности от них участков работ. Оценивается обеспеченность района транспортными путями, строительными материалами, электроэнергией, рабочей силой.

Указываются коэффициенты, зависящие от условий проведения работ и влияющие на их стоимость: районный коэффициент к заработной плате; коэффициент за безводность, высокогорность, радиоактивность и др.

Глава сопровождается обзорной мелкомасштабной картой, на которую следует нанести район (площадь) проектируемых работ, основные населенные пункты, аэродромы, ж. д. станции, пристани, ж. д. и автомобильные дороги, действующие рудники, базы партий и экспедиций.

### ***Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность района***

Дается краткий очерк геологической, геохимической, геофизической и иных видов изученности. Приводится краткий обзор и анализ ранее выполненных работ, излагается история открытия месторождений полезных ископаемых. Приводятся рекомендации предыдущих исследований по дальнейшему направлению работ. Освещаются результаты поисковых и разведочных работ последних лет, их методика, объемы, основные результаты. Сведения об утвержденных запасах, составленные ТЭС, ТЭД и ТЭО. Приводятся данные об эксплуатации месторождения. При обзоре изученности территорий, имеющих длительную историю освоения (старые горнорудные районы), рекомендуется представление материала в форме таблицы (табл. 1) с кратким текстовым комментарием.

Таблица 1

#### **Геологическая, геофизическая и геохимическая изученность района**

№ п/п	Автор(ы) отчета	Наименование отчета	Стадия, подстадия работ, масштаб	Основные виды работ, поисковая сеть, объемы работ по видам (в пределах участков проектируемых работ)	Результаты работ, эффективность работ

Раздел главы сопровождается рисунками, на которых на схематической геологической или географической мелкомасштабной основе должно быть показано местоположение изучаемых площадей (участков).

При изложении материала, характеризующего геологическое строение района, рекомендуется задействовать: Стратиграфический кодекс России (2006), Петрографический кодекс России (2009), Российский металлогенический словарь (2003) и др. руководящие материалы (см. список литературы).

### ***Стратиграфия, литология пород***

Приводится последовательное (от древних к молодым) описание распространенных в районе осадочных и вулканогенных пород, их петрографический и литологический состав, взаимоотношение с подстилающими и перекрывающими образованиями, их фациальные особенности, мощность. Стратиграфическое положение свит (толщ, горизонтов) обосновывается ссылками на руководящую фауну, микрофауну, флору (в том числе, споры и пыльцу), определением абсолютного возраста. Более подробное расчленение дается для продуктивных толщ и свит: указываются маркирующие горизонты; приводятся данные по корреляции разрезов, результаты микроскопического описания потенциально рудоносных фаций пород. Приводятся сведения о геофизических свойствах и химическом составе пород каждого стратиграфического подразделения.

### ***Магматизм***

В возрастной последовательности формирования (от более древних к молодым) приводятся сведения об интрузивных и субвулканических породах района. Дается описание магматических формаций (комплексов) и их фаций; рассматриваются форма и размеры интрузивных тел, вулканогенных и экструзивных образований, условия их залегания, уровень эрозионного среза, характер контактов и взаимоотношений с вмещающими породами. Приводятся сведения об абсолютных возрастных датировках, геохимической и металлогенической специализации магматических комплексов.

### ***Метаморфизм и метасоматические изменения пород***

Дается описание метаморфических и метасоматических образований, их положение в разрезе (условия залегания), формы залегания и размеры тел, их вещественный состав и текстурно-структурные особенности. Оценивается характер и масштаб проявлений процессов регионального, регионально-контактового, локального метаморфизма (метасоматоза). Выделяются этапы и стадии метаморфического и гидротермально-метасоматического преобразова-

ния пород; дается оценка генетической и пространственно-генетической связи с ними процессов рудообразования.

### ***Тектоника***

Дается схема тектонического районирования территории, определяется положение района в региональных структурах. Рассматривается этапность тектонического развития. Приводится краткая характеристика структурных этажей, рассматриваются условия залегания принадлежащих этим этапам пород различного состава и возраста, анализируются их взаимоотношения (согласное и несогласное залегание, тектонические контакты, перерывы в осадконакоплении и т. д.). Описываются складчатые (пликативные) структуры, в том числе, форма и ориентировка складок, поведение шарниров складок и др. Для разрывных нарушений (дизъюнктивные структурные элементы) обосновывается тип, протяженность, ориентировка, направление, величина перемещения блоков. В итоге необходимо оценить роль разрывных нарушений в локализации магматических комплексов и формировании залежей полезных ископаемых.

Глава сопровождается мелкомасштабной картой (схемой), на которой должна быть определена позиция месторождения (рудного поля) в общей структуре района. В тексте в виде рисунков приводятся схемы, отражающие различные формы складчатых и разрывных деформаций, фотографии и авторские зарисовки проявлений микротектоники, наблюдавшиеся в естественных или искусственных обнажениях и керне скважин.

### ***Геоморфология***

Дается общая геоморфологическая характеристика района. Устанавливается зависимость крупных элементов рельефа от особенностей геологического строения (внутренние факторы рельефообразования). Приводится описание различных неотектонических типов рельефа (структурного, структурно-денудационного, аккумулятивного, антропогенного), дается обоснование их

возраста. Подробно характеризуется геоморфологическое строение речных долин, районов древнего оледенения, морских побережий.

В том случае, если разрабатываемый студентом проект связан с оценкой территории на экзогенные полезные ископаемые, необходимо привлечение сведений, раскрывающих особенности формирования оруденения прошлых геологических эпох. В рамках выполненных *палеогеоморфологических реконструкций* на прилагаемых картах (схемах) следует отразить: поверхности выравнивания (денудационные, аккумулятивные) определенного возраста (например,  $MZ_1$ ,  $K_2$ ,  $N_1^{1-2}$ ,  $N_2-Q$ ), мезозойские эрозионно-структурные депрессии, полеодолины и палеолога миоценового возраста, области развития древнего заполненного карста и т. д. В тексте могут быть приведены соображения, обосновывающие уровень эрозионного среза рудоносных территорий, что может иметь определяющее значение при прогнозной оценке площадей. Следует отразить роль неотектоники в формировании рельефа территории. Особое место отводится описанию современных геоморфологических процессов, включая антропогенез (эрозия почв; гравитационные склоновые процессы – оползни, обвалы, сели, солифлюкация; абразия берегов, карст, термокарст и т. д.)

В итоге кратко рассматривается история формирования рельефа и устанавливается связь формирования различных видов полезных ископаемых с определенными этапами геоморфологического развития.

### ***История геологического развития***

В главе с позиции современных геодинамических, геотектонических и металлогенических концепций в хронологическом порядке (от древних к молодым) кратко рассматривается история формирования геологических структур, магматических, осадочных и метаморфических породных комплексов, устанавливается связь (генетическая, парагенетическая) различных видов полезных ископаемых с определенными этапами и стадиями геологического развития территории.

## ***Гидрогеология и инженерная геология***

Глава должна содержать характеристику водоносных пород, сведения о глубинах залегания, химическом составе и качестве вод различных горизонтов и комплексов, зон трещиноватости, дебитах источников, водопунктах и других наблюдениях. При проектировании геологоразведочных работ в условиях действующих горнодобывающих предприятий (шахты, штольни, карьеры и т. п.) необходимо привести сведения о составе, режиме и динамике шахтных вод. В районах широкого развития вечной и многолетней мерзлоты приводятся сведения о характере и глубине распространения мерзлых грунтов. Дается оценка влияния мерзлотных явлений и процессов на условия проведения геологоразведочных и добычных работ.

## ***Полезные ископаемые***

Описываются месторождения и проявления полезных ископаемых в исследуемом районе по их генетическим типам в увязке с основными металлогенетическими циклами и продуктивными формациями (осадочными, магматическими, метаморфическими, вулканическими, метасоматическими). Приводится краткая характеристика их качественного состава<sup>1</sup>, принадлежность к определенным геолого-промышленным типам<sup>2</sup>, раскрываются перспективы их промышленного использования.

### **1.2. Геологическое описание месторождения (участка)**

*Описание месторождения (участка) производится в следующей последовательности:*

1. Рассматривается положение месторождения в геолого-тектонической структуре района работ, его место в разрезе стратифицированных толщ или

---

<sup>1</sup> Рекомендуется описание месторождений и проявлений вести в следующей последовательности: черные металлы (железо, хром, марганец...) – цветные металлы (медь, алюминий, цинк, свинец...) – благородные металлы (золото, платиноиды) – радиоактивные и редкие металлы – топливно-энергетическое сырье – камнесамоцветное сырье – технологическое сырье – строительные материалы.

<sup>2</sup> Перечисляются по степени промышленной значимости в мировой (внутригосударственной) экономике.

магматических комплексов. Для месторождений осадочной группы характеризуются фации продуктивных отложений. Дается описание циклического строения толщ и слагающих их циклов, определяется их значение для стратификации и корреляции разреза.

2. Приводится литолого-петрографическая характеристика пород (осадочных, магматических, метаморфических), слагающих разрез месторождения. Описание производится на основе визуального и микроскопического изучения состава пород и их структурно-текстурных особенностей с привлечением, по возможности, результатов детальных методов исследований (термический, рентгеноструктурный анализы, электронная микроскопия и т. д.).

Особое внимание уделяется описанию околорудных изменений пород, оценивается масштаб приконтактных изменений. Дается минералого-петрографическая характеристика измененных пород, приводится метасоматическая колонка процесса их околорудного изменения, оценивается поисковое значение метасоматитов. Для месторождений осадочной группы на основе литолого-фациального анализа приводится расчленение разреза, определяется фациальная принадлежность отложений.

3. Характеризуется структура месторождения. Описываются границы рудного поля, детально рассматриваются складчатые и разрывные структуры, определяется их роль в контроле размещения оруденения. Изложение материала следует начинать с более крупных структурных элементов и заканчивать структурами, определяющими морфологию рудных тел. Раздел сопровождается графикой – геолого-структурные разрезы, блок-диаграммы, структурный план рудного поля и т. д.

4. Описываются условия размещения различных типов руд; характеризуется морфология рудных тел, их размеры, взаимоотношения с вмещающими породами, дайками, метасоматитами; описывается характер контактов и выклинивания. Рассматривается и оценивается роль дорудных и пострудных тектонических нарушений в структурном контроле оруденения. Раздел иллюстри-



руется схемами, зарисовками и фотографиями в обнажениях, горных выработках, а также геологическими разрезами.

5. Приводится описание вещественного состава руд, основывающееся на литературных и фондовых материалах, а также личных наблюдениях дипломанта. Описываются минеральный состав и парагенезисы минералов, генетические и промышленные типы руд, их текстурные и структурные особенности, химический и минеральный состав. Приводятся сведения по микрокомпонентному составу руд. Оцениваются проявления первичной зональности, определяется ее тип; отдельно характеризуются и описываются руды зоны окисления. Приводятся сведения об основных технологических типах руд.

Раздел сопровождается: фотографиями или зарисовками штуфов, шлифов, аншлифов; схемами последовательности минералообразования; таблицами результатов анализов.

В заключении излагаются существующие представления на генезис месторождения; отражается собственная точка зрения дипломанта.

### **1.3. Примерная тематика специального раздела**

*Направления самостоятельных исследований для специального раздела дипломного проекта могут быть следующими:*

- 1) вещественный состав руд и вмещающих пород;
- 2) металлогения и прогнозирование полезных ископаемых;
- 3) структура рудных полей и месторождений;
- 4) геоморфологические факторы образования экзогенных полезных ископаемых;
- 5) геолого-экономическая оценка объектов (на разных стадиях изучения);
- 6) вопросы организации и экономики производства поисковых и разведочных работ;
- 7) обоснование рациональной методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых;

8) технологические проблемы извлечения и переработки минерального сырья и т. д.

***Темы специальных разделов могут быть следующими:***

1) обоснование роли геологических формаций в процессах рудогенеза (с подразделением на рудовмещающие, рудоносные, рудогенерирующие, рудообразующие) для конкретной площади;

2) магматические, стратиграфические, литологические, структурные критерии локализации оруденения на конкретной площади;

3) геологическая интерпретация геофизических (геохимических) аномалий на изучаемой площади;

4) разработка прогнозно-поискового комплекса для обоснования рациональной методики поисковых работ на конкретный тип оруденения в пределах оцениваемой площади (участка);

5) вещественный состав руд и околорудных метасоматитов с обоснованием рудно-метасоматической зональности;

6) структурно-текстурные особенности руд как основа проектирования геолого-технологического картирования;

7) закономерности формирования и распределения типов рудной минерализации в пределах месторождения (рудопроявления, рудного тела);

8) изучение пространственного распределения разведочных параметров в пределах рудоносных площадей, отдельных рудных тел;

9) исследование пространственной изменчивости оруденения для обоснования шага опробования (разведочной сети);

10) обобщение накопленной цифровой информации по объектам исследования с использованием программного документа «*Micro main*», в том числе: построение каркасных, блочных и др. цифровых моделей рудных тел для определения последовательности их промышленного освоения; сопоставление результатов подсчета запасов различными способами (традиционными, геостатистическим); оценка извлекаемости запасов руд (с многовариантными бортовыми

содержаниями) геостатическим методом; применение метода кригинга на стадии эксплуатационной разведки для интерполяции показателей качества руд; геостатический анализ и вариография данных опробования с целью изучения пространственной анизотропии распределения содержаний полезных компонентов и т. д.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **2.1. Анализ результатов ранее выполненных работ. Обоснование целевого геологического задания**

Проводится анализ результатов ранее выполненных геологоразведочных работ – геологосъемочных, геофизических, поисковых, оценочных, разведочных, имеющих отношение к оцениваемому участку. Обзор производится в хронологической последовательности. Текст сопровождается схемой геологической (геофизической) изученности.

При анализе материалов предыдущих исследований необходимо обратить внимание на вопросы (проблемы), недостаточно изученные в предшествующие периоды. Так, при оценке достоверности ранее выполненных поисковых работ следует проанализировать их соответствие природным условиям ведения работ, а также взятым за основу поисковым критериям и признакам. Особо следует разобрать предпосылки выявления на площади (участке) оруденения новых и нетрадиционных типов. При анализе результатов проведенных оценочных и разведочных работ подлежат обсуждению вопросы, касающиеся:

- 1) общей геологической изученности объекта;
- 2) детальности исследования вещественного состава минерального сырья с позиций его комплексного использования;
- 3) характера выявленной изменчивости оценочных параметров как по простиранию залежей, так и на глубину;
- г) возможности выявления новых рудных тел (в том числе, слепых);

д) изученности гидрогеологических, инженерно-геологических условий на исследуемом участке и т. д.

В заключении приводится общая оценка изученности (разведанности) оцениваемого объекта.

С учетом выполненного анализа изученности (площади, участка, месторождения) формируется геологическое задание на выполнение проектируемых работ. Геологическое задание разрабатывается на основе анализа практических решений ранее выполненных работ, оценки и обобщения их результатов и построения проектной модели объекта. В соответствии с принятым Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые, 1999, темой ВКР (дипломного проекта) может быть одна из стадий I, II или III этапов, в том числе:

I этап. 1 стадия – региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых.

II этап. 2 стадия – поисковые работы.

3 стадия – оценочные работы.

III этап. 4 стадия – разведка (доразведка) месторождения.

5 стадия – эксплуатационная разведка.

При разработке геологического задания следует сформулировать: какой ожидаемый геолого-промышленный тип оруденения является объектом прогнозирования или дальнейшего изучения; каковы границы участка проектируемых работ или разведываемого месторождения.

## **2.2. Методика проектируемых работ**

На основе сформулированного геологического задания обосновывается рациональная методика проектируемых работ.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Методика проведения геолого-съёмочных работ в масштабе 1:50000 – 1:200000 в рамках учебно-методического пособия не рассматривается. Она отражена в изданных инструктивных документах (см. список рекомендуемой литературы).

### ***Поисковые, оценочные работы***

На основе анализа геологических особенностей оцениваемого участка (площади), его геолого-структурной позиции, природных условий ведения работ, а также сделанного заключения – в каких типах геологических, минералого-геохимических и геофизических полей прогнозируемый тип оруденения может найти отражение, обосновывается необходимый (и достаточный) комплекс *методов поисковых работ*. В наиболее полном виде этот комплекс может включать все основные методы поисков: геологические, минералогические, геохимические, геофизические, дистанционные, горно-разведочные, буровые, а также опробование, аналитические исследования, гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения, топогеодезические работы. Задачей проектанта является обоснование рациональной (необходимой и достаточной) методики, что и должно найти отражение в предлагаемом прогнозно-поисковом комплексе (ППК). Обосновывается необходимая сеть наблюдений (в зависимости от масштаба выполняемых работ), определяются объемы проектируемых работ (по всем видам исследований).

При проведении *оценочных работ* методами геологического картирования в крупном масштабе (1:10000 – 1:25000) осуществляется оконтуривание выявленного проявления в плане (поверхностными горными выработками) и скважинами на глубину, экономически целесообразную для промышленного освоения объекта. Вскрытые пункты минерализации подлежат опробованию.

С учетом данных опробования и результатов изучения гидрогеологических, инженерно-геологических условий, технологических особенностей минерального сырья подсчитывают на основе утвержденных временных кондиций запасы категории  $C_2$ , на участках детализации – запасы категории  $C_1$ , в пределах менее изученных участков – прогнозные ресурсы категории  $P_1$ . Подготавливается технико-экономический доклад (ТЭД), в котором обосновывается возможность перехода к разведке месторождения.

### *Разведка (доразведка), эксплуатационная разведка*

На основе анализа геолого-структурных особенностей локализации ору-денения в пределах участка проектируемых работ, формы, условий залегания залежей полезных ископаемых, характера рельефа местности, выявленной на период проектирования изменчивости геолого-промышленных параметров (со-держания, мощности, значений метропроцента и т. д.) обосновывается рацио-нальная система проведения разведочных работ. Решение этой задачи преду-сматривает последовательное рассмотрение следующих вопросов:

1) обосновывается группа сложности оцениваемого месторождения для целей разведки в соответствии с систематикой, приведенной в соответствующ-их выпусках Методических рекомендаций ..., 2007;

2) формулируются требования, предъявляемые ГКЗ к выделению запасов соответствующих категорий;

3) определяется перечень видов работ, необходимых для решения целево-го задания;

4) обосновываются система разведки и технические средства, необходи-мые для ее реализации.

При обосновании системы разведки и технических средств необходимо последовательное рассмотрение ряда вопросов. В их числе: размещение разве-дочных пересечений в пространстве; обоснование расстояний между пересече-ниями, плотности сети наблюдений на профилях; определение глубины развед-ки, порядка проходки разведочных выработок.

При обосновании плотности разведочной сети может быть использована совокупность методов: метод аналогии (межобъектной, приведенной в соответ-ствующих выпусках Методических рекомендаций..., а также, по возможности, внутриобъектной); сопоставление данных разведки и эксплуатации; группа ма-тематических методов с использованием статистической, геометро-статистической, геостатистической моделей.

Характеризуя технические средства разведки, необходимо раскрыть их возможности при решении задач, сформулированных целевым заданием. Более

подробно приводится обоснование типа бурового станка, конструкции скважин, сечения горно-разведочных выработок, технологии их проходки, что рассматриваются ниже в техническом разделе.

### **2.3. Опробование и аналитические работы**

С учетом промышленного типа оцениваемого оруденения, формы залежей полезного ископаемого, их предполагаемой мощности, особенностей вещественного состава предусматриваются необходимые виды опробования: химическое, минералогическое, техническое, технологическое и др. Обосновываются операции отбора проб, необходимые для решения поставленных задач; описываются способы отбора проб: из горных выработок (бороздовый, точечный, задирковый, горстьевой, валовый), из буровых скважин с учетом особенностей их проходки (с отбором керна, при ударном, шарошечном, шнековом бурении). Рассматриваются возможности использования геофизических методов оценки качества руды (магнитометрического, радиометрического, рентгено-радиометрического, гамма-гамма метода, нейтронно-активационного и т. д).

Рассматриваются вопросы обработки проб (сущность, задачи, принципы); характеризуются операции обработки проб (измельчение, просеивание, перемешивание, сокращение). Составляется схема обработки проб с использованием уравнения Ричардса-Чечетта.

С учетом требований полноты исследований качественных показателей полезного ископаемого для конкретной стадии геологоразведочных работ предусматриваются необходимые испытания проб. Они могут включать широкий диапазон аналитических исследований: химический, спектральный, пробирный, атомно-абсорбционный методы, группу ядерно-физических методов, минералого-петрографическое изучение пород (шлифов, аншлифов, шлихов, протолок), рентгено-структурный, рентгено-спектральный и иные анализы.

При исследовании качественных показателей сырья могут быть предусмотрены технические испытания проб (определение объемной массы руды, ее

влажности, пористости), изучение физико-механических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород – кусковатости, коэффициента разрыхления, пластичности и т. д.

Технологические испытания заключаются в одновременном изучении вещественного состава руд и качественно-количественных показателей их обогатимости в отобранных пробах различного объема (лабораторных, полупромышленных, промышленных),

С учетом принятых решений определяются виды и объемы лабораторных исследований. Они должны включать необходимое количество контрольных проб (внутренний и внешний контроль).

## **2.4. Геофизические работы**

Предпосылки и возможности применения геофизических методов при решении поставленных в проекте геологических задач целесообразно продемонстрировать с помощью физико-геологической модели (ФГМ). Источником сведений при формировании ФГМ могут служить учебники, монографии, статьи, отчеты, в которых приводятся данные по исследованию объектов-аналогов в данном или соседних районах и регионах со схожими геологическими условиями.

Помимо геологических моделей (колонок, разрезов, планов и др.), которые часто задействованы и в др. разделах проекта, полезно сформулировать петрофизические модели как составные части ФГМ. Это могут быть типовые геологические колонки с прямоугольными диаграммами физических свойств, позволяющие продемонстрировать дифференцированность горных пород и полезных ископаемых изучаемой геологической среды. Наглядны бывают петрофизические разрезы, на которых удобно показать те геологические объекты, которые различаются по физическим свойствам, что является благоприятной предпосылкой для применения геофизических методов. Необходимые сведения приводятся из источников, отражающих опыт предшественников.



Петрофизические модели необходимо совместить с данными изучения (или расчета) физических полей и аномалий (по скважинам, профилям, в горизонтальной или вертикальной плоскостях), демонстрирующих проявления тех эффектов, которые способствовали решению геологических задач на объектах-аналогах.

Физико-геологическая модель призвана показать возможный вклад геофизических методов в решение намеченных проектом геологических задач.

Полезно привести явно избыточный типовой комплекс геофизических методов, хорошо зарекомендовавших себя при решении предусмотренных проектом геологических задач. На его основе формируется рациональный комплекс (минимально достаточный с учетом технических возможностей вероятных исполнителей). Определяются основные и вспомогательные (детализационные, необходимые для определения природы и параметров аномалиеобразующих объектов) методы. Планируется последовательность применения методов, сеть измерений, точность. Определяется форма представления отчетных геофизических материалов.

## **2.5. Прочие виды работ**

Для технического обеспечения целевого задания проекта необходимо проведение специальных видов исследований:

1. Топо-геодезические и маркшейдерские работы являются обязательным элементом геологоразведочных работ. Рассмотрение вопроса начинается с анализа имеющейся топоосновы. Указывается целевое назначение работ, описывается методика инструментальной привязки буровых скважин и горных выработок, базисных линий на участках детализационных работ. Определяется объем проектируемых работ.

2. При проведении гидрогеологических исследований должны быть изучены все водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения. Для каждого водоносного горизонта следует установить: его

мощность, литологический состав, типы коллекторов и их взаимосвязь, химический состав и бактериологическое состояние вод, использование их для водоснабжения (хозяйственно-бытового и технологического). Приводятся рекомендации по способам осушения геологического массива, водоотводу, утилизации дренажных вод, по природоохранным мерам.

3. Проведение инженерно-геологических исследований необходимо для информационного обеспечения подготавливаемого проекта на разработку месторождения. Должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений; инженерно-геологические особенности массива, анизотропия свойств; трещиноватость и тектоническая нарушенность; разрушенность пород в зоне гипергенеза и т. д. На основе обобщения материала должны быть получены материалы по оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьерах.

4. Экологическими исследованиями должны быть установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (качество поверхностных и подземных вод, уровень радиации, характеристика почвенного покрова и др.); определены виды химического и физического воздействия планируемых геологоразведочных работ и намечаемого к освоению объекта на окружающую среду (запыление, загрязнение поверхностных вод и почв); объемы изъятия природных ресурсов (лесных массивов, земель); даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

## **2.6. Подсчет запасов и геолого-экономическая оценка (ГЭО) изучаемого объекта**

Содержание настоящего раздела в первую очередь определяется проектируемой стадией геологоразведочных работ.

### ***Оценка прогнозных ресурсов и их ГЭО на стадии поисковых работ***

С учетом запроектированной системы наблюдений по изучаемой площади (участку), оперируя предполагаемыми геолого-промышленными параметра-

ми прогнозируемого типа оруденения, на стадии поисковых работ производится оценка прогнозных ресурсов минерального сырья по категории  $P_2$ , отчасти  $P_1$ . На стадии оценочных работ уже подсчитываются запасы категории  $C_2$ , отчасти  $C_1$ . Подход к их ГЭО рассматривается ниже.

Ведущим при оценке прогнозных ресурсов обычно выбирается принцип вероятного подобия. Его реализацией при выполнении расчетов является метод аналогии, когда производится сопоставление изучаемого объекта с параметрами уже разведанных промышленно значимых месторождений, а также эксплуатируемых объектов.

Практическая значимость оцененных прогнозных ресурсов устанавливается по результатам их геолого-экономической оценки. В настоящее время определились два подхода к ГЭО минеральных ресурсов.

Первый подход предусматривает определение валовой потенциальной стоимости минерального сырья как произведение средней мировой цены конечного продукта на количество оцененных прогнозных ресурсов или запасов. Другой показатель – товарная стоимость минерального сырья – рассчитывается уже с использованием понижающих коэффициентов приведения к конечному продукту по ряду показателей – его стоимости, к ожидаемому количеству разведанных запасов, сквозному коэффициенту извлечения.

Второй подход предусматривает ГЭО прогнозных ресурсов с использованием совокупности укрупненных показателей. Содержание этой методике изложено во Временных методических рекомендациях ..., 2003, подготовленных Министерством природных ресурсов РФ. В сводной итоговой таблице, отражающей результаты ГЭО прогнозных ресурсов, должны быть охарактеризованы вопросы: исходные данные, задействованные при оценке прогнозных ресурсов (в том числе геолого-экономические параметры месторождения-аналога); геолого-промышленный тип оцениваемого объекта, ожидаемая форма тел; прогнозныe ресурсы руды, полезного компонента; качество сырья; глубина прогнозирования и намеченный способ отработки. В качестве показателя, характеризующего экономическую эффективность освоения прогнозируемого

объекта, предложено использовать значение рентабельности к основным производственным фондам. Рентабельность определяется как разность между значением годовой стоимости товарной продукции и годовыми эксплуатационными затратами, отнесенными к значению основных производственных фондов. Последние берутся по аналогии с другими сходными объектами. В общем виде они могут быть приняты на уровне предполагаемых капитальных вложений.

Другим рассчитываемым показателем является определение потенциальной ценности участка недр. Это значение рассчитывается как разность между ценой 1 т конечной продукции (без НДС и налогов с продаж) и удельными эксплуатационными затратами на производство 1 т конечной продукции, умноженной на эксплуатационные запасы полезного компонента с учетом его сквозного извлечения в конечную продукцию, отнесенных к содержанию полезного компонента в конечной продукции.

С учетом выполненных расчетов подготавливаются рекомендации о целесообразности постановки на объекте следующей стадии геологоразведочных работ.

### ***ГЭО запасов на стадии оценочных работ и разведки месторождения***

*В настоящем разделе рассматриваются следующие вопросы:*

1. Кондиции, принятые при оконтуривания подсчетных блоков. Необходима ссылка на утверждающие документы (организация, номер протокола, дата утверждения). Проводится анализ данных по уже разведанным запасам разных категорий, их соотношении. Отмечается, каким способом ранее оценивались запасы.

2. Обосновывается рациональный способ подсчета проектных запасов. Излагаются принципы выделения подсчетных блоков различных категорий запасов, отвечающих требованию их геологической однородности.

3. На примере одного из типичных геологических блоков производится подсчет запасов тем или иным способом. Обосновываются параметры, используемые при подсчете запасов. Приводятся основные расчетные формулы. Полученные обобщенные данные находят отражение в табличной форме (в виде

формуляра). Контуры категорий запасов, выделенных на листе графики с использованием фактических и проектных данных, рекомендуется закрасить разным цветом для категорий:  $A$  – красный (розовый),  $B$  – зеленый,  $C_1$  – голубой,  $C_2$  – желтый; прогнозные ресурсы – серый (голубовато-серый).

Подсчитанные на разведваемом месторождении запасы подлежат геолого-экономической оценке. Используемые при этом оценочные показатели в настоящее время приближены к общемировым. Они отражены в Методических указаниях..., подготовленных – М.: 1996 – 2000.

Ведущими оценочными параметрами потенциальных месторождений являются:

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – сумма доходов за весь период эксплуатации месторождения. Приведение разновременных затрат и доходов к начальному периоду оценки осуществляется с использованием процедуры дисконтирования. Экономическим нормативом при этом является норма дисконта (Ед). Она принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Если ЧДД положителен, то освоение месторождения эффективно.

2. Индекс доходности (ИД) – отношение дисконтированных доходов к дисконтированным на тот же момент инвестиционным затратам. При наличии положительного эффекта от освоения месторождения ИД должен быть больше единицы.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД) – представляет ту норму дисконтирования (Ед), при которой величина приведенных доходов будет равна капитальным вложениям.

4. Срок окупаемости капитальных вложений ( $T_0$ ) – отражает временной интервал, в течение которого сумма чистых доходов будет равной сумме инвестиций.

Более подробно последовательность выполнения расчетов и выполненные примеры решений приведены в учебных пособиях кафедры ГПР МПИ УГГУ.

В конце методического раздела следует привести сводную таблицу видов, объемов запроектированных работ и необходимых для выполнения геологического задания аналитических исследований.

### **3. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

В разделе рассматриваются вопросы технологии бурения скважин, проходки поисковых и разведочных горных выработок и буровзрывных работ. Производится выбор основного и вспомогательного оборудования для реализации геологического задания.

#### **3.1. Технология бурения скважин**

*Содержание и последовательность изложения раздела:*

1. Характеристика геолого-технических условий проходки скважин. Физико-механические свойства горных пород (устойчивость, твердость, абразивность, трещиноватость, анизотропия и т. д.), их категоричность по буримости. При отнесении горной породы к соответствующей категории буримости – дать необходимые обоснования.

2. Выбор способов бурения по различным горизонтам и технико-технологические мероприятия по предотвращению возможных осложнений.

3. Обоснование типовых конструкций скважин. Выполнить графическое приложение конструкции скважин совместно с геологической колонкой.

4. Обоснование начальных угловых параметров забуривания скважин. Выбор рациональной технологии бурения: породоразрушающего инструмента, режима бурения (произвести необходимые технологические расчеты с обоснованием исходных данных в этих расчетах).

5. Обоснование выбора бурового оборудования и инструмента.

6. Составление геолого-технического наряда на бурение типовой скважины. В результате выполняется демонстрационный лист в формате А1.

7. Разработать мероприятия по повышению выхода керна по полезному ископаемому и в интервалах скважин, где это требуется методикой геологоразведочных работ для выбранной проектантом стадии исследований.

8. Обосновать технологии специальных работ в скважине, наиболее важных для данного месторождения (тампонаж, искусственное искривление скважин, ликвидация осложнений, кернометрия, каротаж и т. д.).

9. Наметить основные мероприятия по технике безопасности, промсанитарии и охране окружающей среды.

### **3.2. Технология проходки разведочных горных выработок**

*Содержание раздела ВКР по проходке горных выработок:*

1. Общие данные о проектируемых горных выработках, их назначении в соответствии с геологическим заданием.

2. Определение сечения горных выработок в соответствии с техническими параметрами.

3. Расчет параметров буровзрывных работ (обоснование выбора взрывчатых веществ, определение их расхода и т. д.).

4. Разработка способа и режима проветривания горных выработок.

5. Крепление горной выработки. Обосновывается выбор материала для крепления и производится расчет элементов крепи.

6. Выбор средств проведения водоотлива в горных выработках.

7. Организация, режим и технические средства для освещения горных выработок.

8. Разработка мероприятий по технике безопасности и промсанитарии при проходке и ликвидации горных выработок.

### **3.3. Разработка мероприятий по охране недр и окружающей среды**

*Должны быть предусмотрены мероприятия, включающие:*

- снижение отрицательного воздействия горных и буровых (буровзрывных) работ на окружающую среду;
- комплексное использование добываемой горной массы;
- сокращение площадей, занимаемых отвалами;
- уменьшение запыленности окружающей территории и загрязненности водоемов;
- предотвращение нарушений гидрогеологического и гидрологического режима и т. д.;
- разработка мер, предусматривающих ликвидацию негативных последствий геологоразведочных и горно-добычных работ.

## **4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **4.1. Техничко-экономические расчеты и обоснования**

*В начале раздела рассматриваются следующие вопросы:*

1. Общая организация работ. Ведомственная подчиненность и местоположение экспедиции (партии). Организационная структура, расположение основных цехов и вспомогательных служб.

2. Организация материально-технического снабжения и работы транспорта. Обеспеченность трудовыми ресурсами. Последовательность выполнения всего комплекса геологоразведочных работ.

Техничко-экономические расчеты выполняются для всех видов работ, предусмотренных методическим разделом дипломного проекта.



*Основанием для расчетов должны служить:*

- инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. Приказ Комитета РФ по геологии и использованию недр от 22.11.1993 г. № 108;

- сборники сметных норм на геологоразведочные работы. М., ССН, выпуски 1 – 11, 1992;

- сборники норм основных расходов на геологоразведочные работы. М., СНОР, выпуски 1 – 11, 1993;

- другие справочные материалы по проектированию геологоразведочных работ.

В ССН приведены укрупненные нормы времени (выработки) и нормативные материалы для расчета норм основных расходов, по которым определяются единичные и комплексные расценки, используемые для составления смет на геологоразведочные работы.

*Комплект ССН и СНОР состоит из одиннадцати выпусков:*

Выпуск 1. Работы геологического содержания.

Часть I. Работы общего содержания.

Часть II. Съёмки геологического содержания и поисков полезных ископаемых.

Часть III. Геохимические работы при поисках и разведке полезных ископаемых.

Часть IV. Гидрогеологические и связанные с ними работы.

Часть V. Опробование твердых полезных ископаемых.

Выпуск 2. Геоэкологические работы.

Выпуск 3. Геофизические работы.

Часть I. Сейсморазведка.

Часть II. Электроразведка.

Часть III. Гравиразведка, магниторазведка (наземная).

Часть IV. Аэрогеофизические работы.

Часть V. Геофизические исследования в скважинах.

Часть VI. Скважинная геофизика.

Часть VII. Радиометрические работы.

Выпуск 4. Горно-разведочные работы.

Выпуск 5. Разведочное бурение.

Выпуск 6. Морские геологоразведочные работы.

Выпуск 7. Лабораторные работы.

Выпуск 8. Торфоразведочные работы.

Выпуск 9. Топографо-геодезические работы и маркшейдерские работы.

Выпуск 10. Транспортное обслуживание геологоразведочных работ.

Выпуск 11. Строительство зданий и сооружений.

Часть I. Строительство при обустройстве баз геологоразведочных организаций.

Часть II. Строительство зданий и сооружений на объектах геологоразведочных работ.

Каждый выпуск (часть) ССН состоит из введения и общих положений, в которых приводятся сведения о составе и порядке применения сметных норм, включая технические условия и содержание работ, нормы времени (выработки) на их производство, затраты труда ИТР и рабочих, нормативы затрат по статьям «Износ» и «Услуги», нормы расхода материалов, электроэнергии и сжатого воздуха, основное оборудование и аппаратурно-технические средства с нормами амортизационных отчислений и коэффициентами на резерв.

В нормах, кроме затрат на основные виды работ, учтены затраты на технологически связанные с ним работы, выполнение которых является обязательным.

При выполнении геологоразведочных работ в условиях, отличных от предусмотренных ССН, к нормам времени применяются поправочные коэффициенты. Особые условия и размеры коэффициентов приведены в выпусках (частях) ССН.

По видам и методам работ, на которые нормы в ССН отсутствуют, сметная стоимость определяется путем составления сметно-финансовых расчетов (СФР).

#### **4.2. Организационно-производственные и хозяйственно-бытовые вопросы**

Освещаются вопросы, связанные с обустройством быта (М., ССН, вып. 11, части I и II). Рассматриваются: организация ремонтных работ, энергоснабжение, водо- и глиноснабжение, транспорт, расчет штата партии, в том числе ИТР и рабочих как на полевые работы, так и на период проектирования. Приводится календарный график выполнения работ по проекту, начиная с проектирования и заканчивая камеральным периодом (включая подготовку отчета).

#### **4.3. Особенности проектирования, организации отдельных видов работ**

Производственная часть проекта должна быть составлена по видам работ, необходимость проведения которых обоснована в методической части.

Условия производства работ, затраты времени, затраты труда ИТР и рабочих рассчитываются по сборникам сметных норм на геологоразведочные работы (ССН-93), М., ВИЭМС, 1993. Вып. 1 (части I – V), вып. 3 (части IV, V, VII, IX).

**Подготовительные работы** проекта включают сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по оцениваемому участку, систематизацию сведений, полученных из источников информации.

#### ***Например***

Сбор фондовых материалов: просмотрено 1000 страниц текста: затраты времени составят (ССН вып. 1, ч. I, т. 17, строка 1) –  $10 \times 1,08 = 10,8$  чел./смен.

Затраты времени на систематизацию сведений составят (ССН вып. 1, ч. 1, т. 19, строка 1) – 3,02 чел./смен.

Таблица 2

**Затраты труда на подготовительные работы**

Наименование профессий	Единицы измерения	Объем работ, усл. ед.	Норма времени, чел./смен	Затраты труда, чел./ смен
<i>Сбор фондовых материалов, п. 34</i>				
Начальник партии	100 с.	10	0,04	0,4
Геолог 1 категории	100 с.	10	1,08	10,8
Всего:			1,12	11,2
<i>Систематизация сведений, п. 43</i>				
Начальник партии	100 карточек	10	0,05	0,05
Геолог 1 категории	100 карточек	10	3,02	3,02
Всего:				3,07

**Проектирование** включает составление текстовой и графической части проекта.

***Например***

Затраты времени на составление текстовой части проекта – (ССН вып. 1, ч. II, т. 46, строка 3, гр. 3, 5):  $5,61 \times 0,5 + 6,78 \times 0,5 = 6,2$  чел./смен;

затраты времени на составление графической части проекта – обзорной карты – (ССН вып.1, ч. II, п. 47) – 0,81 чел./смен).

Таблица 3

**Затраты труда на проектирование**

Наименование профессии	Объем работ	Норма времени, чел./смен	Затраты труда, чел./смен
<i>Составление текстовой части</i>			
Начальник партии	п.62	0,15	0,15
Геолог 1-й категории	т. 46	5,61	5,61
<i>Составление обзорной карты</i>			
Начальник партии	п. 51	0,04	
Геолог 1-й категории	т. 15	0,81	

#### 4.4. Смета

Смета составляется на весь комплекс работ, необходимых для выполнения геологического задания и предусмотренных методической частью дипломного проекта.

##### *К смете прилагаются:*

- поправочные коэффициенты, применяемые при расчете сметной стоимости геологоразведочных работ;
- общая сметная стоимость геологоразведочных работ (форма СМ 1);
- расчет единичных сметных расценок (форма СМ 4);
- единичные сметные расценки (УКР, ПКР) геологоразведочных работ (форма СМ 3);
- основные расходы на расчетную (физическую) единицу работ (форма СМ 5);
- расчет стоимости транспортировки грузов на геологоразведочных работах (форма СМ 8);
- расчет сметной стоимости транспортировки персонала на геологоразведочных работах (форма СМ 7);
- расчет сметной стоимости работ, не предусмотренных ССН и СНОР (форма СМ 6);
- расчет сметной стоимости организации и ликвидации полевых работ;
- расчет компенсируемых затрат (производственные командировки, полевое довольствие, доплаты и компенсации, премии); резерв на непредвиденные работы; работы, выполненные подрядным способом;
- расчет экономической эффективности геологоразведочных работ. Рассчитываются балансовая прибыль, налог на прибыль, направления расходования чистой прибыли, расчет средней заработной платы и выработки на одного работающего.

*Например*

Форма СМ 1

Таблица 4

**Смета и сметно-финансовые расчеты**

Наименование работ и затрат	Единица измерения, с.	Объем работ, усл. ед.	Единичная сметная расценка, руб.	Полная сметная стоимость, руб.	Номер расчета формы СМ 4
I. Основные расходы (А+В), в том числе					
А. Геологические работы					
1. Работы подготовительного периода – всего, в том числе					
1.1. Сбор фондовых материалов	100	10	1067,4	10674	1,1

Форма СМ 4

Таблица 5

**Расчет единичных сметных расценок**

Номер расчетов	Виды работ	Единица измерения	Норма времени на единицу работ	Коэффициент на ненормал. условия	Норма времени с учетом коэффициента гр.4хгр.5	Сметная стоимость расчетной единицы	Единичная сметная расценка гр.6хгр.7	Номер единичных расчетов
<i>Подготовительные работы и проектирование</i>								
	Сбор фондовых материалов	100 с.	1,08		1,08	988,3	1067,4	СМ-5
	Систематизация сведений	100 карточек	3,02		3,02	833,8	2518,1	СМ-2
	и т. д.							

**Основные расходы на расчетную единицу работ по СНОР-93***Поправочные коэффициенты:*

районный – 1,15, к материальным затратам – 1,063,

к амортизации – 1,026

Показатели норм	Сбор информации		Систематизация сведений	
	расчет № 1		расчет № 2	
	СНОР, вып. I, ч. 1, т. 1, строка 1		СНОР, вып. I, ч. 1, т. 1, строка 2	
	по норме	с учетом коэффициента	по норме	с учетом коэффициента
Затраты на оплату труда	15635	17980,2	12522	14400,3
Отчисления на социальные нужды	6098	7012,7	4884	5616,6
Материальные затраты	103	109,5	1094	1162,9
Амортизация	–	–	–	–
Всего:	21836	25102	18500	21179
Всего: чел/смену		988,3		833,8

Форма СМ 5 составляется по всем видам работ, а ее значение используется в табл. 6.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключении приводятся основные результаты выполненной работы. В краткой форме следует отразить: геологические условия локализации оцениваемого минерального сырья; результаты научно-исследовательской работы (по итогам выполнения специального раздела); предлагаемую методику выполнения проектируемых работ (виды, методы, объемы), необходимую для реализации геологического задания; ожидаемые результаты реализации проекта – проектные запасы, прогнозные ресурсы с их обобщенной геолого-экономической оценкой; предложения, способствующие повышению эффективности проектируемых работ; сметную стоимость запроектированных работ, ожидаемый уровень заработной платы; мероприятия по безопасному проведению работ и охране окружающей среды.

В конце текстовой части должна быть подпись исполнителя проекта.

## **5. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА**

К выполнению ВКР допускаются студенты, полностью окончившие теоретический курс обучения и положительно аттестованные по всем дисциплинам и практикам, предусмотренным учебным планом. О допуске к дипломному проектированию издается приказ по университету.

На период проектирования студенту назначается руководитель из числа преподавателей выпускающей кафедры. После ознакомления с собранными на преддипломной практике материалами, руководитель выдает студенту задание по ВКР и определяет консультантов по ее отдельным разделам. Задание по ВКР (дипломный проект) утверждается заведующим выпускающей кафедрой, а темы исследовательских работ подлежат утверждению на заседании кафедры. Одновременно с выдачей задания руководитель вместе со студентом составляет календарный план работы, в котором указываются сроки выполнения отдельных разделов и срок представления полностью подготовленной ВКР. Не реже одного раза в неделю студент обязан отчитываться о ходе дипломирования перед руководителем, контролирующим выполнение календарного плана. При необходимости студент может быть приглашен для отчета о работе над проектом (работой) на заседание выпускающей кафедры.

Законченная и подписанная студентом выпускающая квалификационная работа с визами всех консультантов представляется руководителю, который составляет на нее отзыв и дает оценку. При положительном отзыве подписанный руководителем проект или работа после проверки нормоконтролером кафедры передается на утверждение заведующему выпускающей кафедры, который назначает рецензента из числа специалистов, утвержденных приказом по университету. После ознакомления студента с рецензией, ВКР передается на кафедру секретарю ГАК не позднее 9 часов утра, предшествующего дню защиты. Полностью оформленная зачетная книжка должна быть сдана в деканат не позднее, чем за 2 – 3 дня до защиты.



Защита ВКР специалиста в ГАК производится публично по графику, установленному выпускающей кафедрой за месяц до начала работы ГАК, и в порядке, утвержденном кафедрой. *Процедура защиты следующая:*

- председатель ГАК объявляет фамилию студента и тему выпускной квалификационной работы (ВКР);
- предоставляется слово для доклада студенту (10 – 15 минут);
- по окончании доклада членами ГАК задаются вопросы, на которые защищающий проект должен дать краткие четкие ответы;
- оглашаются отзывы руководителя проекта и рецензента;
- предоставляется слово студенту для ответа на замечания, содержащиеся в отзывах.

После окончания защиты на закрытом заседании ГАК обсуждает результаты защиты и выносит решение об оценке проекта (работы) и присуждает выпускнику квалификацию горного инженера.

Студент, не представивший ВКР в установленный срок (без объективных причин) или получивший за защиту неудовлетворительную оценку, отчисляется из университета. Ему предоставляется право повторной защиты на следующий учебный год и на ту же или другую тему (по решению ГАК и выпускающей кафедры), но уже на платной основе.

## **6. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР**

Текст выпускной квалификационной работы должен быть выполнен с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ через 1,5 интервала, шрифт – 14, на одной стороне стандартного листа белой односортовой бумаги формата А4 (210x297 мм) и переплетён в виде книги с твёрдой обложкой. Оформление текста должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95 ЕСКД «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ Р 53579-2009 «Отчёт о геологическом изучении недр».

Напечатанный текст должен иметь поля следующих размеров: верхнее и нижнее – 20 мм, правое – 15 мм, левое – 30 мм. Расстояние между заголовками и текстом должно быть равно двум межстрочным интервалам. Абзац в тексте следует начинать, отступая на 15 мм от левого края текста. Рекомендуется шрифт *Times New Roman*, используемый кегль 12 – 14 (в формате редактора *Word 6.0* и др.), цвет печати – черный. Для выделения ключевых слов, отдельных фраз допускаются начертания курсивное или полужирное. Подчеркивания для выделений не допускаются.

При наборе текста бывают случаи, когда нельзя разделять слова или символы; например, нельзя символ оставлять в одной строке, а размерность переносить на другую. Для этого в *Word* существует неразрывный пробел. Он осуществляется нажатием следующих клавиш: *Ctrl+Shift+* пробел.

При наборе формул и печатании текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры прямым шрифтом. Подрисовочные подписи – размер шрифта 12, строчные; экспликация (объяснение условных обозначений на рисунке) – 10 размер (цифры и буквы курсив). Таблицы: номер – 12 размер шрифта, строчные; название – 12 размер, строчные, жирные; шапка, текст таблицы – 10 размер шрифта, строчные. Формулы: основной текст – 14 размер шрифта; крупные индексы – 12; мелкие индексы – 10; крупные символы – 20; мелкие символы – 18.

Страницы нумеруются арабскими цифрами. Нумерация страниц сквозная. Титульный лист, задание по дипломному проектированию и реферат включают в общую нумерацию страниц, но номера на них не ставят. Номер страницы проставляется в правом верхнем углу листа или внизу в центре страницы. Допускается нумеровать страницы в ручную пастой или тушью черного цвета.

Текст ВКР разделяется на разделы, подразделы, пункты и подпункты. Не допускается вводить рубрикацию, содержащую более четырех иерархических уровней и подпункты. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей основной части; их обозначают арабскими цифрами с точкой после номера раздела. Введение и заключение не нумеруются. Подразделы, пункты и

подпункты нумеруют арабскими цифрами. В конце номеров разделов, подразделов и пунктов ставят точку, например: 4.1.; 4.1.4. и т. д.

Содержащиеся в тексте пункта или подпункта перечисления печатают строчными буквами с абзационным отступом. Позиции перечисления обозначают знаком « - » либо строчной буквой со скобкой: а)..., б)...

Заголовки разделов, а также заглавия «Введение» и «Заключение» записывают симметрично тексту прописными буквами в центре страницы с расстоянием до последующего текста 10 мм. Заголовки подразделов печатают с прописной буквы строчными буквами в центре страницы. Точку в конце заголовков не ставят; перенос слов в заголовках и подчёркивание заголовков не допускается.

Структурные части текста начинают с нового листа. Разделы основной части допускается начинать на листе, где заканчивается предыдущий раздел. Не допускается запись заголовков на одном листе, а текста на другом.

В формулах в качестве символов следует принять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Символы и числовые коэффициенты, входящие в формулы, расшифровываются слева направо непосредственно под формулой. Каждый символ пишут с новой строки и после запятой указывают размерность; первую строку начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Уравнения и формулы следует выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (•) и деления (:).

Формулы (если их не более одной) нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделённых точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например: (4.1) (первая формула четвёртого раздела).

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Они должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота текста или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации располагаются после первой ссылки на них в тексте. Иллюстрации (рисунки, чертежи, схемы, диаграммы) выполняют на листах текста или на листах чертёжной, миллиметровой бумаги формата А4 чёрной тушью. Допускается выполнять иллюстрации на листах формата А3 (297х420 мм), применять рисунки в виде фотографий и ксерокопий. Иллюстрации размером меньше А4 должны быть наклеены на листы белой бумаги формата А4.

Все иллюстрации, если их более одной, обозначают словом «Рис.» и нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами, например: Рис. 4.1 (первый рисунок четвёртого раздела). Также допускается сквозная нумерация рисунков. Иллюстрации могут иметь наименование или поясняющие сведения. Ссылки на иллюстрации в тексте приводят с указанием их порядкового номера. Повторные ссылки на иллюстрации следует давать в круглых скобках с сокращением слова «смотри», например: (см. рис. 4.3).

Цифровой материал оформляется в виде таблиц, используя электронные редакторы *Word* или *Excel*. Слово «Таблица» помещают в правом верхнем углу. Таблицы объемом свыше 5 листов следует выносить в приложения.

Каждая таблица должна иметь тематический заголовок. Заголовки в таблице указываются в единственном числе и начинаются с прописных букв. Тематические заголовки помещают над таблицей посередине, точки в конце заголовка не ставят.

Таблицы нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах каждого раздела при слове «Таблица» без знака «№». Полный номер таблицы составляют через точку из номера раздела и ее порядкового в разделе и помещают в правой части листа под наименованием таблицы.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте, например: ... (табл. 4.1). Таблицу помещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы её можно было читать без поворота или с поворотом по часовой стрелке.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист. При переносе таблицы на другой лист заголовок помещают только над её первой частью. Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть над другой в пределах одной страницы. Если строки или графы таблицы выходят за формат листа, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется её шапка, во втором случае – боковик.

При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» и номер её указывают один раз справа над первой частью таблицы; над другими частями пишут слово «Продолжение», например: «Продолжение табл. 4.1».

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «то же», а далее кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводятся, то в ней ставят прочерк.

Интервалы величин в тексте записываются в виде «от» и «до» или через тире.

Титульный лист является первым листом текста. На нём не допускается производить перенос слов, ставить точки в конце фраз. Пример оформления титульного листа выпускной квалификационной работы представлен в прил. 1.

Задание на ВКР должно быть оформлено на официальном бланке и содержать: 1) тему ВКР; 2) срок сдачи студентом законченного проекта; 3) исходные данные для разработки; 4) объём выполняемой работы; 5) фамилии консультантов; 6) график выполнения ВКР. В конце задания должны быть поставлены подписи студента, руководителя и дата выдачи задания. Задание на ВКР утверждается заведующим кафедрой.

Пример заполнения задания по ВКР представлен в прил. 2.

Реферат содержит ключевые слова, краткое изложение существа проекта, характер и цель работы, методику проведения работ, конкретные результаты работы и выводы. Ключевые слова (5 – 15), представляющие собой имена су-

ществительные или словосочетания в именительном падеже и отражающие основное содержание реферируемой работы, печатаются строчными буквами, в строку, через запятые. Оптимальный объём реферата – 1200 знаков. Пример реферата приведён в прил. 3. В конце текстовой части помещается список источников, которыми пользовался автор при составлении проекта (вначале – фондовые, ниже – опубликованные) Список литературы составляется в соответствии с общими требованиями к содержанию и оформлению геологических отчётов. Источники следует располагать в алфавитном порядке. Ссылки в тексте на источники указывают порядковым номером по списку источников, выделенным двумя квадратными скобками, или упоминанием авторов и года подготовки работы. *Например:* (Прокопьев и др., 1974). Заголовок списка литературы пишется прописными буквами и располагается симметрично. Примеры описания библиографических источников различных типов приведены в прил. 5.

Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте. Каждое приложение должно начинаться с нового листа с указанием в правом верхнем углу прописными буквами слово «*Приложение*», его номера арабскими цифрами (без знака №) и иметь содержательный заголовок. При ссылке на приложения в тексте пишут слово «прил.» строчными буквами и указывают номер приложения, *например:* (прил. 4).

Графические приложения к выпускной квалификационной работе специалиста выполняются с применением компьютерных технологий формата А1 (600x850 мм), используя программные продукты *Arc View*, *Arc Info*, *Micro main* и др. В случае необходимости размер листа графического приложения может превышать формат А1. Основную надпись (штамп) выполняют в каждом листе графических приложений в правом нижнем углу вдоль длинной стороны листа. Образец штампа для чертежей приведён в прил. 4.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баранников А. Г., Макарова С. В.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 95 с.
2. *Баранников А. Г.* Поиски и разведка ведущих геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 183 с.
3. *Баранников А. Г.* Прогнозирование и поиски полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 240 с.
4. *Временные методические рекомендации* по оценке, апробации и учету прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на территории РФ по состоянию на 01.01.2003. М.: МПР, 2002. 10 с.
5. *Дворник Г. П., Угрюмов А. Н.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. 220 с.
6. *Инструкция* по организации и производству геолого-съемочных работ по составлению Государственной геологической карты России масштаба 1:50000 (1:25000). Л.:, 1987. 243 с.
7. *Инструкция* по составлению и подготовке к изданию листов Гос. геологической карты РФ масштаба 1:200000 (Роскомнедра). М.:, 1995. 244 с.
8. *Инструкция* по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы: приказ комитета РФ по геологии и использованию недр от 22.11.93, № 108.
9. *Комплексирование* методов разведочной геофизики: справочник геофизика / под. ред. В. В. Бродового, А. А. Никитина. М.: Недра, 1984. 384 с.
10. *Классификация запасов* и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых: приказ МПР РФ № 278 от 11.12.06. М.: МПР. 2007.
11. *Методическое руководство* по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Т. 1. Принципы и методы оценки / Ю. В. Богданов [и др.]. М.: ВИЭМС, 1986. 77 с.

12. *Методические рекомендации* по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (железные, медные, алюминиевые и др. руды): приложения к распоряжению МПР РФ от 05.06.2007.
13. *Методические рекомендации* по составу и структуре сопровождающих и первичных баз данных ГК-200/2 и ГК-1000/3. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 55 с.
14. *Минеральное сырье: железо, медь, золото и др. руды: справочники*. СПб.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997 – 1998.
15. *Петрографический кодекс России*. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 100 с.
16. *Петруха Л. М.* Разведка месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. 247 с.
17. *Положение о порядке* проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС МПР, 1999. 28 с.
18. *Принципы, методы и порядок оценки* прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / Б. И. Беневольский, Е. М. Аксенов, Е. В. Блинова [и др.]; под. ред. А. И. Кривцова. М.: ЦНИГРИ, 2010. 95 с.
19. *Российский металлогенический словарь*. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. 320 с.
20. *Сборники норм* основных расходов на геологоразведочные работы. СНОР, вып. 1 – 11. М.: 1993.
21. *Сборники сметных норм* на геологоразведочные работы. ССН, вып. 1 – 11. М.: 1992.
22. *Стратиграфический кодекс России*. 3-е изд-е. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.



**ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ВКР**

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный университет»

Факультет геологии и геофизики

*Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых*

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему:  
**«ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ НА РУДНОЕ ЗОЛОТО  
В ПРЕДЕЛАХ УЧАСТКА “САВКИНО”»**

Зав. кафедрой ГПР МПИ (ученое звание)      ФИО

Руководитель (ученое звание)                      ФИО

Нормоконтролёр (ученое звание)                  ФИО

Студент группы: РМ-...

Екатеринбург – 2016

**ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ПО ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННО РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА**

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный университет»

*Факультет геологии и геофизики*

Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых  
Специализация 130101.65 – Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых

«Утверждаю»  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ  
ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА**

Студенту \_\_\_\_\_ Шишкиной Вере Николаевне \_\_\_\_\_

1. Тема ВКР Поисковые работы на рудное золото в пределах участка «Савкино»

утверждена приказом по университету № \_\_\_\_ / \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

2. Срок сдачи ВКР « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

3. Исходные данные к ВКР текстовые и графические материалы ФГУГП «Читагеологоразведка», документация керна поисковых скважин, результаты минералогическо-геохимических исследований руд и вмещающих пород, собственные зарисовки и наблюдения

**4. Содержание ВКР**

4.1. Общий раздел Общие сведения о районе проектируемых работ, геологическое строение района и характеристика участка Савкино

4.2. Технологический раздел Методика поисковых работ. Объемы и виды работ. Технология проходки канав и скважин. Охрана недр и окружающей среды.

4.3. Специальный раздел Поисковые критерии и признаки золотого оруденения «карлинского» типа

4.4. Экономическое обоснование Составление сметы на проведение проектируемых видов работ

4. 5. Безопасность жизнедеятельности *Разработка мероприятий по безопасности проведения горных и буровых работ*

---

**5. Графический материал** \_\_\_\_\_

*1. Геологическая карта района работ масштаба 1:50000–1:200000*

*2. Геологическая карта участка работ масштаба 1:5000–1:10000*

*3. Фактические и проектные геологические разрезы.*

*4. План размещения проектных выработок*

*5. Листы по специальному разделу: Таблица поисковых критериев и признаков золотого оруденения «карлинского типа»; фотографии метасоматитов и руд.*

**6. Консультанты ВКР по разделам:**

ФИО консультанта	Место работы, должность, ученая степень, звание	Раздел ВКР
<i>ФИО</i>		<i>Геологический раздел</i>
<i>То же</i>		<i>Специальный раздел</i>
<i>—"</i>		<i>Методический раздел</i>
<i>—"</i>		<i>Технологический раздел</i>
<i>—"</i>		<i>Геофизический раздел</i>
<i>—"</i>		<i>Экономический раздел</i>

ФИО руководителя ВКР \_\_\_\_\_ ФИО \_\_\_\_\_  
Ученая степень \_\_\_\_\_ ученое звание \_\_\_\_\_

**7. График выполнения ВКР**

Наименование раздела ВКР	Сроки выполнения (примерные)
<i>1. Геологический</i>	
<i>2. Специальный</i>	
<i>3. Методический</i>	
<i>4. Технологический</i>	
<i>5. Геофизический</i>	
<i>6. Экономический</i>	

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

**Руководитель ВКР** \_\_\_\_\_  
/подпись/

Задание по ВКР получил \_\_\_\_\_  
/подпись/

**Примечание.** Задание оформляется в 2-х экземплярах: один хранится на кафедре, второй – выдается студенту и подшивается к ВКР.

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИСТА «РЕФЕРАТ»**

### **РЕФЕРАТ**

ВКР специалиста 87 с., 15 рис., 47 табл., 15 источников, 6 приложений.

**УЧАСТОК «САВКИНО», ОРУДЕНЕНИЕ, МЕТАСОМАТИТЫ, КАРЛИНСКИЙ ТИП, ДЖАСПЕРОИДЫ, ЗОЛОТО, КОМПЛЕКС МЕТОДОВ, ОПРОБОВАНИЕ, ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ**

Объект проектирования – золотое оруденение участка «Савкино».

Цель работы – на основе изучения поисковых критериев и признаков золотого оруденения «карлинского» типа запроектировать рациональный комплекс поисковых работ на рудное золото в пределах участка.

В дипломном проекте обоснованы поисковые критерии и признаки золотого оруденения, структурно-текстурные особенности метасоматитов, проведён их сравнительный анализ с метасоматитами др. месторождений подобного типа.

Установлено, что оруденение находится далеко от магматического источника, связано непосредственно с джаспероидами, относится к золото-малосульфидной формации, тип оруденения – «карлинский».

Проектируется проведение горных работ с целью изучения оруденения с поверхности, а также колонковое бурение скважин, на которых предусмотрено проведение ГИС.

Рассмотрена методика поисковых работ, технология бурения скважин, предусмотрены мероприятия по охране труда и окружающей среды. Выполнены необходимые технико-экономические расчёты, составлена смета на проведение поисковых работ, дана геолого-экономическая оценка объекта.

### ФОРМА ШТАМПА К ЧЕРТЕЖАМ ВКР

ФГБОУ ВО	Уральский государственный горный университет Факультет геологии и геофизики Кафедра геологии, поисков и разведки МПИ			25
Студент гр. РМ- _____ (подпись)	Геологическая карта участка работ			15
Консультант _____ (подпись)	К выпускной квалификационной работе: «Поисковые работы на рудное золото в пределах участка “Савкино”»			30
Руководитель _____ (подпись)				
Зав. кафедрой _____ (подпись)	Масштаб 1:10000	Дата	Приложение № 1	15
50	33	34	33	
150				

**ПРИМЕРЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ОПИСАНИЙ  
ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ**

**МОНОГРАФИИ**

1. *Заварицкий А. Н.* Изверженные горные породы. М.: Наука, 1961. 479 с.
2. *Каждан А. Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки). М.: Недра, 1984. 285 с.
3. *Методика изучения гидротермально-метасоматических образований* / Е. В. Плющев, О. П. Ушаков, В. В. Шатов, Г. М. Беляев. Л.: Недра, 1981. 252 с.
4. *Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Ч.1. Обломочные и глинистые породы* / под ред. А. В. Хабакова. М.-Л.: Госгеолгиздат, 1962. 578 с.

**ПЕРЕВОДНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

5. *Бейтс Р. Л.* Геология неметаллических полезных ископаемых: пер. с англ. М.: Мир, 1965. 548 с.
6. *Крамбейн У., Грейбилл Ф.* Статистические модели в геологии: пер. с англ. М.: Мир, 1969. 397 с.

**СТАТЬИ ИЗ СБОРНИКА**

7. *Клочихин А. В.* Ордовик, силур и нижний девон восточного крыла Зилаирского синклинория на Южном Урале // Вопросы геологии Восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Вып. 7. Уфа, 1960. С. 120 – 125.

**СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛА**

8. *Феритатер Г. Б., Ф. Беа, Н. С. Бородина, М. П. Монтеро.* Анатексис базитов в зоне палеосубдукции и происхождение анортозит-плагиогранитной серии Платиноносного пояса Урала // Геохимия. М., 1998. № 8. С. 768 – 781.

**СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛА АКАДЕМИИ НАУК**

9. *Соболев А. Е.* Вендские мафиты и минерагения Южного Верхоянья // Докл. РАН. М., 1992. Т. 237. № 4 – 6. С. 557 – 560.

## СТАТЬИ ИЗ ТРУДОВ

10. *Розен О. М., Федоровский В. С.* Коллизионные гранитоиды и расслоение земной коры (примеры кайнозойских, палеозойских и протерозойских коллизионных систем). М.: Научный мир (Тр. ГИН РАН. Вып. 595), 2001. 188 с.

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СОВЕЩАНИЙ

11. *Новые данные о рифейском тектогенезе на Северо-Востоке России* А. К. Худoley, Р. Рейнбирд, Р. Стерн [и др]. // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма. Мат. совещ. М.: Геос, 1999. Т. II. С. 261 – 264.

## ФОНДОВАЯ ЛИТЕРАТУРА

12. *Виниченко В. И.* (отв. исполн.). Отчёт о поисково-разведочных и ревизионных работах на рудное золото по Богомоловскому участку и месторождениям Смирновского рудного поля, проведённых Средне-Борзинской ГРП в 1969 г. / ЧГУ. Чита, 1970. 214 с.

## СПРАВОЧНИКИ, ГОСТ, ИНСТРУКЦИИ

13. *Инструкция по составлению* и подготовке к изданию листов Гос. геологической карты РФ масштаба 1:200000. М.: Роскомнедра, 1995. 244 с.

14. *Минеральное сырьё. Золото: справочник* / Ю. М. Щепотьев, В. И. Куторгин, В. И. Наточинский [и др.]. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. 85 с.

15. *Положение о порядке проведения* геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твёрдые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС МПР, 1999. 28 с.

16. *Сборник норм основных расходов* на геологоразведочные работы. Вып. 1, 3, 4, 5, 7, 10. М.: ВИЭМС, 1993.

17. *Сборник руководящих материалов* по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. Т. 1, 2. М.: ГКЗ СССР, 1985, 1986. 576 с., 530 с.

18. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Авторы: Дроздова И.В., доцент, к.э.н., Моор И.А. доцент, к.э.н.,  
Гензель О.В., ст. преподаватель

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**ОСНОВЫ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Специальность:  
*21.05.02 Прикладная геология*

Екатеринбург  
2022



ВВЕДЕНИЕ.....	3
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	6
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ.....	11
ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ С ПРЕЗЕНТАЦИЕЙ.....	15
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....	20
ПОДГОТОВКА К ДИСКУССИИ.....	22
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении – это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;

- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;
2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям, подготовка к устному опросу, участию в дискуссиях, решению практико-ориентированных задач и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Основы проектной деятельности*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче экзамена.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Основы проектной деятельности*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- подготовка к практическим занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля), ответы на тестовые задания);
- выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (практико-ориентированного задания);
- выполнение курсового проекта;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

# ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

## **Тема 1. Введение в управление проектами**

1. В чем заключается суть концепции управления проектами?
2. Что представляет собой проект как процесс точки зрения системного подхода?
3. Назовите основные элементы проекта.
4. Перечислите этапы развития методов управления проектами (УП).
5. В чем сущность УП как методологии?
6. Охарактеризуйте проект как совокупность процессов.
7. В чем заключается взаимосвязь УП и управления инвестициями?
8. Какова взаимосвязь между управлением проектами и функциональным менеджментом.
9. Назовите предпосылки (факторы) развития методов УП.
10. Каковы перспективы развития УП?
11. Определите задачи и этапы перехода к проектному управлению.
12. Перечислите и определите базовые понятия УП.
13. Приведите принципы классификации типов проектов.

## **Тема 2. Система стандартов и сертификации в области управления проектами**

1. Сделайте обзор стандартов в области УП.
2. Какие группы стандартов применяются к отдельным объектам управления проектами (проект, программа, портфель проектов)?
3. Дайте характеристику группе стандартов, определяющих требования к квалификации участников УП (менеджеры проектов, участники команд УП).
4. Какие стандарты, применяются к системе УП организации в целом и позволяющие оценить уровень зрелости организационной системы проектного менеджмента?
5. Каковы основы и принципы Международной сертификации по УП?
6. В чем заключается сертификация по стандартам IPMA, PMI?

## **Тема 3. Жизненный цикл проекта и его фазы**

1. Каковы основные понятия, подходы к определению и структуре проектного цикла?
2. Назовите этапы реализации, состав основных предпроектных документов предынвестиционной фазы.
3. В чем заключается проектный анализ и оценка жизнеспособности и финансовой реализуемости в рамках предынвестиционной фазы?
4. Каково содержание инвестиционной и эксплуатационной фаз жизненного цикла проекта?
5. Охарактеризуйте состав и этапы разработки проектной документации строительной фазы проекта.
6. Каково содержание завершения инвестиционно - строительного этапа проекта.
7. Назовите этапы эксплуатационной фазы, в чем ее содержание, как определяется период оценки?

## **Тема 4. Процессы и методы управления проектами**

1. В чем заключается сущность планирования проекта?
2. Каковы могут быть основные цели и задачи проекта?
3. Каковы требования к информационному обеспечению планирования?
4. Назовите основные методы планирования.
5. В чем сущность методов управления проектом: диаграммы Ганта; сетевого графика?

6. Каковы цели и содержание контроля и регулирования проекта?
7. Как осуществляются: мониторинг работ по проекту; измерение процесса выполнения работ и анализ результатов, внесение корректив; принятие решений; управление изменениями?
8. В чем заключается управление стоимостью проекта, каковы основные принципы; методы оценки?
9. Какова сущность бюджетирования проекта и контроля стоимости?
10. Дайте характеристику процесса управления работами по проекту: взаимосвязью объектов, продолжительностью и стоимостью работ.
11. Каковы принципы эффективного управления временем?
12. Назовите формы контроля производительности труда.
13. Какова роль и сущность менеджмента качества в проектном управлении?
14. В чем заключается процесс управления ресурсами проекта?
15. Назовите процессы, принципы управления ресурсами в проекте - управления закупками и запасами?
16. Как осуществляется правовое регулирование закупок и поставок, проектная логистика?
17. В чем заключается управление командой проекта?
18. Определите основные понятия, принципы, организационные аспекты создания команды.
19. Как осуществляется управление взаимоотношениями в проекте?
20. В чем особенности формирования организационной культуры?

#### **Тема 5. Информационное обеспечение проектного управления**

1. В чем сущность управления коммуникациями проекта?
2. Что собой представляет информационная система управления проектами и каковы ее элементы?
3. Приведите ключевые определения и потребности ИСУП.
4. Какова структура ИСУП?
5. Проведите обзор рынка программного обеспечения управления проектами.
6. Каковы требования к информационному обеспечению на разных уровнях управления?

# ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

## Тема 1. Концепция управления проектами

- Проект
- Проектное управление.
- Проект как совокупность процессов.
- Переход к проектному управлению.
- Модель управления проектами (УП).
- Структуризация (декомпозиции) проекта.
- Фазы, функции и подсистемы УП.
- Классификационные признаки и виды проектов.
- Цель и стратегия проекта.
- Сценарии и стратегии развития проектного комплекса.
- Результат проекта.
- Управление параметрами проекта.
- Окружение проектов.
- Проектный цикл.
- Методы управления проектами.
- Организационные структуры УП.
- Участники проектов.

## Тема 2. Международные стандарты и сертификация в области проектного управления

- Стандартизация и сертификация в проектном управлении
- Группы стандартов
- Международная сертификация по УП.
- Обзор стандартов проектного управления

## Тема 3. Жизненный цикл проекта и его фазы

- Жизненный цикл проекта.
- Фазы, этапы разработки и осуществления инвестиционного проекта.
- Предынвестиционная фаза проекта.
- Состав основных предпроектных документов.

- Инвестиционная фаза проекта.
- Этапы разработки проектной документации.
- ТЭО проекта.
- Организации СМР.
- Эксплуатационная фаза проекта.

#### **Тема 4. Процессы и методы управления проектами**

- Планирования проекта
- Информационное обеспечение планирования
- Методы планирования.
- Диаграмма Гантта
- Сетевой график
- Контроль и регулирование проекта
- Мониторинг работ по проекту
- Управление изменениями
- Управление стоимостью проекта
- Бюджетирование проекта
- Управление работами по проекту
- Эффективное управление временем
- Менеджмента качества в проектном управлении
- Управление ресурсами проекта
- Управление закупками и запасами
- Правовое регулирование проекта
- Проектная логистика
- Управление командой проекта
- Управление взаимоотношениями в проекте
- Формирование организационной культуры

#### **Тема 5. Инвестиционный проект как объект управления**

- Инвестиции
- Инвестиционный проект
- Бизнес-план
- Источники и способы финансирования инвестиционных проектов



- Жизненный цикл инвестиционного проекта
- Предпроектные документы
- Оценка жизнеспособности и финансовой реализуемости проекта
- ТЭО проекта
- Организации СМР
- Денежный поток инвестиционного проекта
- Финансовый анализ инвестиционного проекта
- Система показателей финансовой состоятельности проекта
- Система показателей оценки экономической эффективности
- Ставка дисконтирования
- Коэффициент дисконтирования
- Чистый дисконтированный доход (ЧДД)
- Индекс доходности (ИД)
- Срок окупаемости
- Внутренняя норма доходности (ВНД)
- Запас финансовой устойчивости (ЗФУ)
- Методы учета инфляции

#### **Тема 6. Информационное обеспечение проектного управления**

- Управления коммуникациями проекта
- Информационная система управления проектами
- Структура ИСУП
- Рынок программного обеспечения управления проектами.
- Информационное обеспечение управления проектами

## САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамки официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);
- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;
- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;
- все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);
- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;
- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для

овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение.

Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

## **ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА С ПРЕЗЕНТАЦИЕЙ**

Одной из форм текущего контроля является доклад с презентацией, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад с презентацией - это публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Как правило, в основу доклада ложится анализ литературы по проблеме. Он должен носить характер краткого, но в то же время глубоко аргументированного устного сообщения. В нем студент должен, по возможности, полно осветить различные точки зрения на проблему, выразить собственное мнение, сделать критический анализ теоретического и практического материала.

Подготовка доклада с презентацией является обязательной для обучающихся, если доклад презентацией указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) - это набор цветных слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением PP.

Целью презентации - донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации, изложенной в докладе, в удобной форме.

Перечень примерных тем докладов с презентацией представлен в рабочей программе дисциплины, он выдается обучающимся заблаговременно вместе с методическими указаниями по подготовке. Темы могут распределяться студентами самостоятельно (по желанию), а также закрепляться преподавателем дисциплины.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления.

Для этого, остановитесь на теме, которая вызывает у Вас больший интерес; определите цель выступления; подумайте, достаточно ли вы знаете по выбранной теме или проблеме и сможете ли найти необходимый материал;

- осуществить сбор материала к выступлению.

Начинайте подготовку к докладу заранее; обращайтесь к справочникам, энциклопедиям, научной литературе по данной проблеме; записывайте необходимую информацию на отдельных листах или тетради;

- организовать работу с литературой.

При подборе литературы по интересующей теме определить конкретную цель поиска: что известно по данной теме? что хотелось бы узнать? для чего нужна эта информация? как ее можно использовать в практической работе?

- во время изучения литературы следует: записывать вопросы, которые возникают по мере ознакомления с источником, а также ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;

- обработать материал.

Учитывайте подготовку и интересы слушателей; излагайте правдивую информацию; все мысли должны быть взаимосвязаны между собой.

При подготовке доклада с презентацией особо необходимо обратить внимание на следующее:

- подготовка доклада начинается с изучения источников, рекомендованных к соответствующему разделу дисциплины, а также специальной литературы для докладчика, список которой можно получить у преподавателя;

- важно также ознакомиться с имеющимися по данной теме монографиями, учебными пособиями, научными информационными статьями, опубликованными в периодической печати.

Относительно небольшой объем текста доклада, лимит времени, отведенного для публичного выступления, обуславливает потребность в тщательном отборе материала, умелом выделении главных положений в содержании доклада, использовании наиболее доказательных фактов и убедительных примеров, исключении повторений и многословия.

Решить эти задачи помогает составление развернутого плана.

План доклада должен содержать следующие главные компоненты: краткое вступление, вопросы и их основные тезисы, заключение, список литературы.

После составления плана можно приступить к написанию текста. Во вступлении важно показать актуальность проблемы, ее практическую значимость. При изложении вопросов темы раскрываются ее основные положения. Материал содержания вопросов полезно располагать в таком порядке: тезис; доказательство тезиса; вывод и т. д.

Тезис - это главное основополагающее утверждение. Он обосновывается путем привлечения необходимых цитат, цифрового материала, ссылок на статьи. При изложении содержания вопросов особое внимание должно быть обращено на раскрытие причинно-следственных связей, логическую последовательность тезисов, а также на формулирование окончательных выводов. Выводы должны быть краткими, точными, достаточно аргументированными всем содержанием доклада.

В процессе подготовки доклада студент может получить консультацию у преподавателя, а в случае необходимости уточнить отдельные положения.

### *Выступление*

При подготовке к докладу перед аудиторией необходимо выбрать способ выступления:

- устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды);
- чтение подготовленного текста.

Чтение заранее написанного текста значительно уменьшает влияние выступления на аудиторию. Запоминание написанного текста заметно сковывает выступающего и привязывает к заранее составленному плану, не давая возможности откликнуться на реакцию аудитории.

Короткие фразы легче воспринимаются на слух, чем длинные.

Необходимо избегать сложных предложений, причастных и деепричастных оборотов. Излагая сложный вопрос, нужно постараться передать информацию по частям.

Слова в речи надо произносить четко и понятно, не надо говорить слишком быстро или, наоборот, растягивать слова. Надо произнести четко особенно ударную гласную, что оказывает наибольшее влияние на разборчивость речи.

Пауза в устной речи выполняет ту же роль, что знаки препинания в письменной. После сложных выводов или длинных предложений необходимо сделать паузу, чтобы слушатели могли вдуматься в сказанное или правильно понять сделанные выводы. Если выступающий хочет, чтобы его понимали, то не следует говорить без паузы дольше, чем пять с половиной секунд.

Особое место в выступлении занимает обращение к аудитории. Известно, что обращение к собеседнику по имени создает более доверительный контекст деловой беседы. При публичном выступлении также можно использовать подобные приемы. Так, косвенными обращениями могут служить такие выражения, как «Как Вам известно», «Уверен, что Вас это не оставит



равнодушными». Выступающий показывает, что слушатели интересны ему, а это самый простой путь достижения взаимопонимания.

Во время выступления важно постоянно контролировать реакцию слушателей. Внимательность и наблюдательность в сочетании с опытом позволяют оратору уловить настроение публики. Возможно, рассмотрение некоторых вопросов придется сократить или вовсе отказаться от них.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

Стоит обратить внимание на вербальные и невербальные составляющие общения. Небрежность в жестах недопустима. Жесты могут быть приглашающими, отрицающими, вопросительными, они могут подчеркнуть нюансы выступления.

### *Презентация*

Презентация наглядно сопровождает выступление.

Этапы работы над презентацией могут быть следующими:

- осмыслите тему, выделите вопросы, которые должны быть освещены в рамках данной темы;
- составьте тезисы собранного материала. Подумайте, какая часть информации может быть подкреплена или полностью заменена изображениями, какую информацию можно представить в виде схем;
- подберите иллюстративный материал к презентации: фотографии, рисунки, фрагменты художественных и документальных фильмов, материалы кинохроники, разработайте необходимые схемы;
- подготовленный материал систематизируйте и «упакуйте» в отдельные блоки, которые будут состоять из собственно текста (небольшого по объему), схем, графиков, таблиц и т.д.;
- создайте слайды презентации в соответствии с необходимыми требованиями;
- просмотрите презентацию, оцените ее наглядность, доступность, соответствие языковым нормам.

### *Требования к оформлению презентации*

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS PowerPoint.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал.

Количество слайдов должно быть пропорционально содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах.

Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1-я стратегия: на слайды выносятся опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2-я стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным средством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации).

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Обычный слайд, без эффектов анимации, должен демонстрироваться на экране не менее 10 - 15 секунд. За меньшее время аудитория не успеет осознать содержание слайда.

Слайд с анимацией в среднем должен находиться на экране не меньше 40 – 60 секунд (без учета времени на случайно возникшее обсуждение). В связи с этим лучше настроить презентацию не на автоматический показ, а на смену слайдов самим докладчиком.

Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать

один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - не менее 18.

В презентациях не принято ставить переносы в словах.

Наилучшей цветовой гаммой для презентации являются контрастные цвета фона и текста (белый фон – черный текст; темно-синий фон – светло-желтый текст и т. д.).

Лучше не смешивать разные типы шрифтов в одной презентации.

Рекомендуется не злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже).

## ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

## ПОДГОТОВКА К ДИСКУССИИ

Современная практика предлагает широкий круг типов практических занятий. Среди них особое место занимает *дискуссия*, где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

*Дискуссия* (от лат. *discussio* - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обуславливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,
- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;
- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;
- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;
- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

*Подготовка студентов к дискуссии:* если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

*В проведении* дискуссии выделяется несколько этапов.

*Этап 1-й, введение в дискуссию:* формулирование проблемы и целей дискуссии; определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

*Этап 2-й, обсуждение проблемы:* обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

*Этап 3-й, подведение итогов обсуждения:* выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к зачету по дисциплине «*Основы проектной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы проектной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на зачете особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на зачете (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к зачету на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

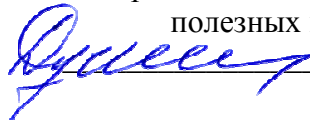


МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых

 В.А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**К.М.02.01 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ**

Специальность:

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация

***Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хасанова Г. Г., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ  
*(название кафедры)*

Протокол № 1 от 23.09.2021  
*(Дата)*

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Типы моделей и принципы геолого-математического моделирования	3
2. Математическая статистика. Некоторые положения теории вероятности.	4
3. Упорядочение статистических совокупностей в интервальные вариационные ряды.	6
4. Вариационный анализ. Статистические характеристики вариационного ряда.	8
5. Теоретическое распределение. Нормальный и логнормальный законы распределения случайных величин	11
6. Дисперсионный анализ	13
7. Двумерные статистические совокупности. Корреляционный анализ.	16
8. Многомерные статистические модели.	20
9. Математическое описание пространственно-упорядоченных переменных (пространственно-статистический анализ).	23
10. Рекомендуемая литература	23
11. Вопросы для самопроверки	23

## 1. Типы моделей и принципы геолого-математического моделирования

**Модели** – это искусственно созданные объекты, фигуры и математические выражения, воспроизводящие свойства и характеристики изучаемых объектов, явлений и процессов.

**Физические** модели отражают подобие форм геометрических соотношений и происходящих в них физических процессов. Примерами являются: изучение закономерностей выпадения в осадок из взмученного состояния частиц различной крупности или различных химических соединений из раствора; изучение процессов складкообразования наклоном плоскости, на которую нанесены слои песка, глин, или боковым давлением на слои пластилина различных цветов; разделение пород основного состава на сульфидную и силикатную составляющие в результате экспериментальной плавки и т.д.

**Геометрические** модели представляют собой объекты, геометрически подобные прототипу, дающие внешнее представление, часто служат для демонстрационных целей. Примеры: слепки самородков геологические, геохимические карты и планы, фотографии и т.д.

**Понятийные** модели являются мысленным образом природных явлений. Основаны на наблюдениях, служат для выражения изучаемого явления в идеализированной форме, отвечают существующему уровню знаний. Основная часть процессов и явлений в геологии описана понятийными моделями. Например: «**Альбитизация** – это метасоматическое, главным образом, гидротермальное образование альбита, характерна для процессов **сосюритизации, пропилитизации, зеленокаменного перерождения, формирования зеленых сланцев**».

**Математические** модели – абстрактный аналог физических, геометрических, понятийных моделей, в которых силы, события, соотношения участков, площадей, понятия и т.п. элементы заменены математическими символами, связанными между собой определенными отношениями. Предполагается лишь тождественность математического описания процесса (явления) в оригинале и математическом выражении.

По характеру связи между параметрами и свойствами изучаемых объектов математические модели разделяются на *детерминированные* и *статистические*. **Детерминированные** модели выражают функциональные связи между аргументом и зависимыми переменными. Они записываются в виде уравнений, в которых определенному значению аргумента соответствует только одно значение переменной. Вид ее  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ , где  $y$ -зависимая переменная (функция), а  $x_1-x_k$  – независимые (аргументы).

**Статистические** модели – это математические выражения содержащие случайную компоненту ( $\epsilon$ ), имеет вид  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \epsilon$ , т.е. одному значению аргумента соответствуют близкие, но различающиеся между собой значения переменной. Различие их обуславливается влиянием случайных, неуправляемых воздействий неучтенных факторов. При характеристике результатов, получающихся на основе этих моделей, говорят не о законе, а о закономерности.

По типу решаемых задач, набору используемых для этого математических методов и главным допущениям относительно свойств объектов все геолого-математические модели делят на две группы:

1. Модели, использующие главным образом математический аппарат теории вероятности и математической статистики. В них геологические объекты предполагаются внутренне однородными, а изменения их свойств в пространстве случайными, не зависящими от места замера. Их условно называют **статистическими**. В зависимости от одновременно рассматриваемых свойств они разделяются на одномерные, двумерные и многомерные.

Обычно используют для:

- получения по выборочным данным надежных оценок свойств геологических объектов;
- проверки геологических гипотез;
- выявления и описания зависимостей между свойствами геологических объектов;
- классификации геологических объектов;

- определения объема выборочных данных, необходимого для оценки свойств геологических объектов с заданной точностью.
- 2. Модели, рассматривающие свойства геологических объектов как *пространственные переменные*. В них предполагается, что свойства геологических объектов зависят от координат точек замера, а в изменении этих свойств в пространстве существуют закономерности. При этом кроме вероятностных методов (случайные функции, временные ряды, дисперсионный анализ) применяются приемы комбинаторики (полиномы), гармонического анализа, векторной алгебры, дифференциальной геометрии и др. разделов математики.

Используются приемы как статистического, так и динамического моделирования. Такие модели используют для решения задач связанных с:

- проверкой гипотез о закономерностях размещения геологических объектов относительно друг друга;
- проверкой гипотез о характере процессов формирования геологических образований;
- выделением аномалий в геологических и геофизических полях;
- классификацией геологических объектов по особенностям их внутреннего строения;
- разработкой приемов интерполяции и экстраполяции при оконтуривании геологических объектов;
- выбором оптимальной густоты и формы сети наблюдений при изучении геологических объектов.

## **2. Математическая статистика. Некоторые положения теории вероятности**

Математическая статистика - это прикладная математическая дисциплина, которая занимается изучением закономерностей в массовых, случайных, однородных, повторяющихся объектах и явлениях природы, техники и общественной жизни.

Предметом исследования математической статистики является *статистическая совокупность*. **Статистическая совокупность** – это такое множество, которое состоит из массы однородных, случайных, повторяющихся объектов или явлений, обладающих качественной общностью.

Основным методом математической статистики, ее теоретической базой является теория вероятностей, изучающая случайные события и величины.

Объектами геологических исследований являются металлогенические провинции, рудные районы, поля, месторождения, рудные тела, минералы и их агрегаты, окаменелости, процессы осадконакопления, магматизма и многое другое. Математические методы изучения имеют дело не с перечисленными материальными объектами и явлениями, а с совокупностями значений оцениваемых признаков, которыми эти объекты и явления обладают.

*Статистические данные* и являются объектом изучения математической статистики. К ним относятся результаты экспериментов, наблюдений и измерений свойств горных пород, руд, процессов, геометрические параметры и показатели качества залежей полезных ископаемых. Определение объекта изучения в каждом конкретном случае зависит от решаемой задачи и формулировки условий, при которых осуществляется оценка признаков.

Расположение наблюдений зачастую неравномерно, что обусловлено обнаженностью территории, трудностями вскрытия изучаемых тел. Поэтому необходимо четко представлять насколько выборочная (опробуемая) совокупность представительна по отношению к изучаемой.

Результаты химического анализа пород по профилю, замеры физических свойств образцов керна и т.п. представляют собой выборки из генеральных совокупностей, которые характеризуют явление в целом, т.е. химический состав отложений, физические свойства руд и

пород и т.п. Задача геолога заключается в том, чтобы по свойствам исследуемого признака в выборке сделать с определенной вероятностью заключение о его свойствах в генеральной совокупности.

### Некоторые положения теории вероятности

Первичные понятия в теории вероятности – события, вероятность, случайная величина, статистическая устойчивость эксперимента.

Событие – результат опыта или естественного явления может быть получен или не получен при имеющихся условиях.

Например: появление конкретного содержания щелочей при анализе  $\gamma$ .

События обычно обозначают буквами  $A, B, C$  и т.д. Известно, что возможность появления событий различна.

Например: при возвращении из маршрута у геолога в рюкзаке 30 образцов интрузивных пород и 3 образца осадочных. Очевидно, при отборе наугад одного мешочка с образцами пород больше шансов извлечь интрузив, т.к. их в 10 раз больше, чем осадочных.

Количественной мерой объективной возможности события при данных условиях является вероятность его. Для установления границ изменения этой величины рассмотрим предельные случаи. Если наступление события при данных условиях исключено, то такое событие называют невозможным и приписывают вероятность равную нулю.

Например: обнаружение промышленных содержаний железа в известняках. Если событие в данных условиях обязательно возникает, то такое событие называют достоверным и его вероятность равна единице.

Пример. Обнаружение кальция в химическом составе известняков. Вероятность появления какого-то события прямо пропорциональна  $m$  числу случаев, благоприятствующих появлению этого события и обратно пропорционально числу  $n$  всех равновероятных случаев, могущих произойти при данном испытании.

$$P = \frac{m}{n}$$

На практике изучить все возможные случаи часто невозможно, поэтому предполагается, что  $n$  – это имеющиеся, а не все возможные случаи.

Вероятность характеризует объективную возможность появления события.

Пример: интересующий минимум может появляться в 20 шлифах из 100, изготовленных по изучаемой породе.

Частость – практическая оценка этой возможности, характеризует совершившийся факт.

### Случайные величины и их числовые характеристики

Случайная величина – это случайный эксперимент с числовыми исходами.

Например: соединение элемента  $A$  в пробе количества ильменита в шлихах. Соединение может принимать любые значения в определенных пределах. Число появлений зерен ильменита может быть только целым. Величины, которые могут принимать лишь отдельные значения, являются дискретными, а любые значения заданного интервала – непрерывными.

*Дискретная случайная величина* может задаваться таблично, графически, аналитически при табличном способе задаются значения случайной величины и соответствующие им вероятности.

$$\text{Пример: } a_1, a_2, a_3, \dots, a_n \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1$$
$$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n \quad 0 \leq p_i < 1$$

При аналитическом способе соответствие между значениями, принимаемыми случайной величиной и вероятностями этих значений задаются некоторой функцией  $p=f(x)$ , называемой законом распределения случайной величины. Для непрерывности случайной величины вводятся понятия интегральной функции распределения  $F(x)$ . Функция  $F(x)$  определяет для каждого значения  $x$  вероятность того, что случайная величина  $x$  примет значение меньше  $x$ , то

есть  $F(x) = P(X < x)$ . Вероятность того, что случайная величина  $x$  примет значение в интервале от  $a$  до  $b$ , равна разности значений интегральной функции на концах этого интеграла, т.е.

$$P\{a \leq x < b\} = \int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a),$$

Где  $f(x) \geq 0$  плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины значение  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot dx = 1$ .

Математическим ожиданием случайной дискретной величины  $X$  называется сумма произведений значений, принимаемых этой величиной, на соответствующие им вероятности, т.е.

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_p = \sum_{i=1}^n x_i p_i$$

Если  $x$  – непрерывная случайная величина, изменяющаяся в пределах от  $-\infty$  до  $+\infty$  с плотностью вероятности  $f(x)$ , т.е. ее математическое ожидание определяют из выражения

$$M(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$$

Для краткости обозначают математическое ожидание  $a$ .

Некоторые свойства этого параметра:

1.  $M(C) = C$ , т.е. математическое ожидание постоянной величины равно самой постоянной величине.

2.  $M(CX) = CM(X)$ , т.е. постоянный множитель можно выносить за знак математического ожидания.

3.  $M(X+Y+\dots+Z) = M(X) + M(Y) + \dots + M(Z)$ , т.е. математическое ожидание суммы нескольких случайных величин равно сумме их математических ожиданий.

Дисперсией  $D(X)$  случайной величины называется математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины  $X$ .

$$D(X) = M(X - M(X))^2$$

В развернутом виде дисперсия случайной величины:

$$D(X) = \sum_{i=1}^n (x_i - a)^2 \cdot p_i,$$

а непрерывной

$$D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - a)^2 f(x) dx$$

Дисперсию принято обозначать  $\sigma^2$ , некоторые свойства этого параметра:

1.  $D(C) = 0$ , т.е. дисперсия постоянной величины равна 0.

2.  $D(CX) = C^2 D(X)$ , т.е. постоянный множитель можно выносить за знак дисперсии возводя его в квадрат.

3.  $D(X+Y+\dots+Z) = D(X) + D(Y) + \dots + D(Z)$ , т.е. дисперсия суммы нескольких взаимно независимых случайных величин равна сумме дисперсий этих величин.

4.  $D(X) = M(X^2) - (M(X))^2$  дисперсия случайной величины  $X$  равна разности математического ожидания квадрата этой величины и квадрата ее математического ожидания.

### 3. Упорядочение статистических совокупностей в интервальные вариационные ряды

**Одномерной статистической совокупностью** называется такая совокупность, каждый член которой характеризуется одним признаком.

Раздел математической статистики, который занимается изучением закономерностей в одномерных статистических совокупностях называется **вариационный анализ**.

Статистической обработке в практике ГРР обычно подвергается геохимический фактический материал. Для этого производятся простейшие преобразования количественной геологической информации. Они заключаются в следующем:

результаты геохимических наблюдений сводятся в таблицы. Наиболее простую форму статистической обработки представляют **ряды распределения**. Они строятся по методу ранжирования, т.е. путем расположения вариантов в возрастающем или убывающем порядке. Варианты необходимо располагать в виде двойного ряда, учитывая их повторяемость.

Например: содержание ртути ( $C_{Hg}$ ) в  $n \times 10^{-7}$  % (первая строка) и повторяемость классов содержаний  $n$  (вторая строка):

$C_{Hg}$ : 2 3 4 6 8 ...

$n$  2 1 4 5 2 ...

Числа, с которыми отдельные варианты встречаются в совокупности, называются их весами или **частотами** ( $n_i$ ).

Общее число вариантов, входящих в состав данной совокупности называется ее **объемом** ( $N$ ).

Общая сумма частот равна объему совокупности:  $\sum n_i = N$ .

Частоты, выражающиеся в относительных значениях варьирующего признака, т.е. в долях единицы или в процентах от общей численности вариантов в данной совокупности называются относительными частотами или **частотами** ( $W_i$ ).

$W_i = n_i / N$  или  $W_i = (n_i / N) \times 100$  %

Сумма частот, выраженных в долях единицы равна 1:  $\sum W_i = 1$ ;

сумма частот, выраженная в %, равна 100 %:  $\sum W_i = 100$  %.

Все признаки подразделяются на качественные и количественные, причем последние преобладают. К **качественным** относятся: цвет минерала, спайность, цвет элювиально-делювиальных отложений и т.д. **Количественные** признаки – это содержания элементов в различных геосферах, горных породах, геофизические замеры на площади и т.д. Количественные признаки подразделяются на **дискретные** (прерывистые) и **непрерывные**. Последние в геологии встречаются значительно чаще (средние содержания элементов в породах (%), линейная продуктивность и т.д.).

В вариационные ряды распределяются только количественные признаки. Существуют интервальные и безинтервальные вариационные ряды. Если признак варьирует слабо, дискретно, совокупность его значений можно разделить в безинтервальный вариационный ряд (что мы и сделали с содержанием ртути). Если распределение плохо выражает закономерность варьирования, то нужно переходить в интервальный вариационный ряд.

Упорядочение совокупностей с непрерывными признаками ведется методом группировок – посредством построения вариационных рядов и соответствующих им графиков. Вариации признака (от минимальной до максимальной) разбиваются на равные интервалы (классы). Для выбора **ширины интервала** ( $h$ ) пользуются формулой Стерджеса Г.А. (Sturges, 1926):

$h = (U_{max} - U_{min}) / (1 + 3,2 \lg N)$ , где  $h$  – ширина интервала,  $U_{max}$  – максимальное значение признака совокупности,  $U_{min}$  – минимальное значение признака совокупности,  $N$  – объем совокупности.

Вычисленное значение  $h$  округляют до удобной величины. Кроме того, вычисляют значения **середины интервалов**:

$U_i = (a_i + b_i) / 2$ , где  $a_i$  и  $b_i$  – соответственно начало и конец интервала.;

**плотность частот** ( $P_{n_i}$ ):  $P_{n_i} = n_i / h$ , где  $n_i$  – частота интервала,  $h$  – ширина интервала (шаг);

**плотность частотей** ( $P_{W_i}$ ):  $P_{W_i} = W_i / h$ , где  $W_i$  – частота интервала,  $h$  – ширина интервала (шаг).

Таким образом, **вариационным рядом совокупности** с непрерывным признаком называется таблица, в возрастающем порядке перечислены интервалы, середины интервалов и соответствующие им частоты, частоты, плотности частот или частотей (табл. 1).

Таблица 1

### Интервальный вариационный ряд совокупности

№№ интервалов	Границы интервалов, $a_i - b_i$	Середина интервалов, $U_i$	Частоты, $n_i$	Частоты, $W_i$	Плотности частот, $P_{n_i}$	Плотности частотей, $P_{w_i}$
1.	48,0-50,0	49,0	6	0,12	3,0	0,05
2.	50,0-52,0	51,0	10	0,20	5,0	0,10
3.	52,0-54,0	53,0	15	0,30	7,5	0,15
...	...	...	...	...	...	...
$\Sigma$			50	1,00	25,0	0,50

Проверка правильности построения вариационного ряда осуществляется по формулам:  
 $\Sigma n_i = N$ ;  $\Sigma W_i = 1$ ;  $\Sigma P_{n_i} = N / h$ ;  $\Sigma P_{w_i} = 1 / h$ .

## 4. Статистические характеристики вариационного ряда

Для получения характеристики признака наряду с построением вариационных рядов и графиков вычисляют различного рода суммарные числовые показатели – **статистические характеристики**.

По своему назначению *статистические характеристики* делятся на:

- меры положения (средняя величина, медиана, мода);
- меры рассеяния (дисперсия, среднее квадратическое отклонение, стандарт, коэффициент вариации, показатели асимметрии и эксцесса).

**Мерами положения** вариационного ряда называют характерные точки на оси абсцисс графика распределения, около которых группируется подавляющее количество наблюдений.

Средняя величина ( $\bar{U}$ ) характеризует массовый уровень признака в статистической совокупности и вычисляется по формулам:

1) Из всех параметрических средних наиболее часто применяются при расчетах средняя арифметическая ( $\bar{U}$ )

**Средняя арифметическая ( $\bar{U}$ )**

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^N U_i}{N} \quad (1)$$

**Средняя взвешенная**

$$\bar{U} b = \frac{\sum_{i=1}^k U_i \cdot n_i}{N} \quad (2)$$

Средняя взвешенная используется при различных расстояниях между поисковыми профилями или точками отбора проб по профилю.

$U_i$  – значения вариант;

$N$  – объем выборки (общее количество вариант);

$k$  – число интервалов (или отдельных значений вариант);

$n_i$  – частота.

Формула (1) применяется для несгруппированных данных, а формула (2) – для вариационных рядов совокупностей с непрерывными или дискретными признаками.

2) Если изучаемый признак связан с другим признаком функционально, но находится в обратной зависимости к нему, то более точную характеристику дает ему **средняя гармоническая**.

Она представляет собой отношение общего числа наблюдений ( $N$ ) к сумме их обратных значений ( $U_i$ ):



$$\bar{U}_{гарм} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{U_i}}$$

Эта формула применима для несгруппированных значений признака.

Когда выборка сгруппирована в виде вариационного ряда, т.е. ранжирована с указанием частот отдельных вариантов, для ее характеристики вычисляются средняя гармоническая по следующей формулам:

$$\bar{U}_{гарм} = \frac{N}{\sum_{i=1}^k ni \cdot \frac{1}{U_i}} \qquad \bar{U}_{гарм} = \sum_{i=1}^k \frac{ni}{U_i}$$

Средняя гармоническая всегда меньше среднеарифметической.

Средняя гармоническая используется при оценке экономических показателей при геолого-экономической оценке месторождений (эффективность работы за единицу времени, ...).

**3)** Если признаки выражаются мерами площади, их средняя величина более точно характеризуется средней квадратической.

Примерами таких признаков могут служить: площадь ореолов (геохимические аномалии и др.), площадь ареалов метасоматически измененных пород и т.п., в теории контрольных анализов проб, для расчета точности подсчитанных запасов минерального сырья.

**Средняя квадратическая** определяется по формуле:

$$\bar{U}_{квадр} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_i^2}{N}} \quad (1) \qquad \bar{U}_{квадр} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k U_i^2 \cdot ni}{N}} \quad (2)$$

(1) для несгруппированных данных;

(2) для ранжированных значений признака.

**4) Средняя геометрическая** – параметр представляет корень N-степени из произведений членов ряда:

для несгруппированных значений:

$$\bar{U}_{геом} = \sqrt[N]{U_1 \cdot U_2 \cdot U_3 \cdot \dots \cdot U_N}$$

или

$$\lg \bar{U}_{геом} = \frac{1}{N} (\lg U_1 + \lg U_2 + \lg U_3 + \dots + \lg U_N)$$

для ранжированных значений:

$$\bar{U}_{геом} = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^k U_i \cdot ni}$$

Средняя геометрическая используется:

- для характеристики содержаний по данным спектрального анализа (при логнормальном законе распределения);

- для характеристики диаметров частиц в дробленой породе, размера золотин;

- для определения ураганного значения при подсчете запасов полезного ископаемого

**5)** Когда необходимо вычислить средний размер объемных признаков используется **средняя кубическая** ( $\bar{U}_{куб}$ ).

$$\bar{U}_{куб} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^k U_i^3 \cdot ni}{N}}$$

Средняя кубическая используется при изучении крупности россыпного золота, частиц дробленой породы и т.д., находит применение и в теоретической геохимии.

Параметрические средние вычисляются из одной общей формулы, поэтому между ними существуют определенные отношения.

Они выражаются рядом мажорантности (неравенства):

$$\overline{U}_{куб} \geq \overline{U}_{квадр} \geq \overline{U} \geq \overline{U}_{геом} \geq \overline{U}_{гарм}$$

В практике первичной обработки данных часто используют непараметрические средние.

К ним относят медиану и моду, которые могут служить приближенной оценкой среднего значения.

Медиана (Med) – значение признака, соответствующее середине упорядоченного вариационного ряда. Медиана делит упорядоченную совокупность на две равные по объему части, т.е. по обе стороны от нее располагается одинаковое число вариантов.

Мода (Mo) – наиболее часто встречающаяся величина, т.е. это значение варианты, которая характеризуется наибольшей частотой или частотью.

**Меры рассеяния** – это статистические характеристики, которые указывают на степень и характер концентрации или рассеяния отдельных вариантов относительно мер положения.

Графически меры рассеяния указывают на сжатость или растянутость вариационной кривой по оси абсцисс.

Основными показателями вариации являются:

- дисперсия ( $S^2$ );
- среднеквадратическое отклонение (стандарт –  $S$ );
- коэффициент вариации ( $V$ );
- показатель асимметрии ( $A$ );
- показатель эксцесса ( $E$ );

1) **Дисперсия ( $S^2$ )** – это средний квадрат отклонений отдельных вариантов от средней величины.

Дисперсия соответственно для неупорядоченной и упорядоченной в вариационный ряд совокупности вычисляется по формулам:

$\sum U_i^2$  – нецентрированная сумма квадратов

$\sum_{i=1}^N (U_i - \overline{U})^2$  – центрированная сумма квадратов

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (U_i - \overline{U})^2}{N} \quad \text{и} \quad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^K n_i \cdot (U_i - \overline{U})^2}{N}$$

2) В практике обработки геологической информации широко применяют **коэффициент вариации**, который рассчитывается на основе среднего и среднего квадратического отклонения:

$$V = \frac{S}{\overline{U}} \cdot 100, \text{ т.е. это среднее относительное отклонение.}$$

Параметр безразмерный и позволяет сопоставлять разброс разноименных признаков, например, мощностей рудных тел и содержаний рудного компонента.

При этом величины коэффициента вариации интерпретируются следующим образом:

Характер распределения компонентов	V (коэффициент вариации)
Равномерный	5-40
Неравномерный	40-100
Весьма неравномерный	100-150
Крайне неравномерный	Свыше 150

3) Наряду с названными, для характеристики выборочного распределения используют показатели асимметрии ( $A$ ) и эксцесса ( $E$ ):

**Показатель асимметрии** ( $A$ ) – указывает на характер и степень симметрии или асимметричности вариационной кривой (рис. 6).

Для неупорядоченной и упорядоченной совокупности показатели асимметрии вычисляются по формулам:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N (U_i - \bar{U})^3}{S^3 \cdot N} \quad \text{и} \quad A = \frac{\sum_{i=1}^K n_i \cdot (U_i - \bar{U})^3}{S^3 \cdot N}$$

**Показатель асимметрии** характеризует меру скошенности вариационного ряда влево и вправо от среднего значения:

По характеру асимметрии выделяют (рис. 6):

- правоасимметричные ( $A > 0$ )

- левоасимметричные ( $A < 0$ )

Когда вариационная кривая симметрична, то  $A = 0$ .

По степени асимметрии выделяют вариационные кривые:

- практически симметричные  $|A| < 0,1$

- слабоасимметричные  $0,1 < |A| < 0,5$

- сильноасимметричные  $|A| > 0,5$

**Показатель эксцесса** ( $E$ ) – это статистическая характеристика для описания характера вершинности кривой. Эксцесс характеризует степень крутовершинности или плосковершинности вариационной кривой по отношению к вершине кривой нормального распределения.

Для неупорядоченных совокупностей (1) и вариационных рядов (2) эксцесс вычисляют по формулам:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^N (U_i - \bar{U})^4}{S^4 \cdot N} - 3 \quad (1) \quad \text{и} \quad E = \frac{\sum_{i=1}^K n_i \cdot (U_i - \bar{U})^4}{S^4 \cdot N} - 3$$

Знак эксцесса указывает на положение вершины вариационной кривой относительно вершины нормального распределения.

Если  $E > 0$ , то вершина вариационной кривой располагается выше вершины кривой нормального распределения (островершинная кривая).

Если  $E < 0$ , то вершина вариационной кривой располагается ниже вершины нормальной кривой (плосковершинная кривая).

## **5. Нормальный и логнормальный законы распределения случайных величин.**

### **Нормальное распределение**

**Нормальное распределение** возникает, когда на изменение случайной величины влияет множество различных, независимых факторов, каждый из которых в отдельности не имеет преобладающего значения.

Подчинение закону нормального распределения проявляется тем точнее, чем больше случайных причин действует вместе. Основное условие формирования нормального распределения заключается в том, чтобы все случайные величины, действующие вместе, играли в общей сумме примерно одинаковую роль.

Плотность вероятности нормального распределения имеет вид

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma_x^2}}$$

$e$  – основание натурального логарифма (2,718);

$x$  – значение случайной величины, лежит в интервале  $(-\infty, +\infty)$ ;

$\sigma^2$  – дисперсия случайной величины  $x$ ;

$\mu$  – математическое ожидание случайной величины  $x$ .

**Математическим ожиданием** случайной величины ( $\mu$ ) называется сумма произведений всех возможных значений случайной величины на вероятность появления этих значений:

$$\mu(x) = M[X] = \sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i$$

По своему логическому смыслу **математическое ожидание** является мерой положения и эквивалентно среднему значению вариационного ряда. Около математического ожидания группируется подавляющее количество значений случайной величины.

**Дисперсия случайной величины**  $\sigma^2$  характеризует степень рассеяния отдельных возможных значений или интервалов значений случайной величины относительно ее математического ожидания. Для дискретной и непрерывной случайной величины вычисляется соответственно по следующим формулам:

$$\sigma_x^2 = D[X] = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \cdot P_i$$

$$\sigma_x^2 = D[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2 \cdot f(x) dx$$

Функция плотности вероятности нормального распределения обладает следующими математическими свойствами (рис. 2):

1. При всех значениях  $X$  функция  $f(x)$  принимает только положительные значения, т.е. кривая располагается над осью абсцисс.

2. Предел функции  $f(x)$  при неограниченном возрастании  $X$  равен 0:

$$\lim_{|x| \rightarrow \infty} f(x) = 0$$

Ветви кривой асимптотически приближаются к оси абсцисс нигде с ней не пересекаясь.

1. Функция  $f(x)$  имеет максимум, равный

$$f(x)_{\max} = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \quad \text{при } X = \mu$$

2. Ветви кривой симметричны относительно прямой  $X = \mu$ , т.к.  $(x-\mu)$  содержится в формуле в квадрате.

3. Точки перегиба ветвей кривой  $f(x)$  имеют координаты:

$$(\mu - \sigma_x^2; \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e) \text{ и } (\mu + \sigma_x^2; \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e)$$

Согласно математическим свойствам кривая функции  $f(x)$  имеет колоколообразную форму.

### Логнормальное распределение

Нормальное распределение вероятностей реализуется в том случае, если распределение случайной величины определяется достаточно большим количеством взаимонезависимых примерно равнодействующих факторов. Однако в природе подобные условия выполняются далеко не всегда. В результате эмпирические кривые, характеризующие распределение в конкретных выборках, в большинстве случаев (при геохимических исследованиях и т.д.) имеют асимметричный вид, отличный от кривой нормального распределения. Естественно, что для опи-

сания этих распределений нельзя использовать формулы, основанные на нормальном законе, а также соответствующие ему расчетные статистические таблицы.

Среди асимметричных статистических кривых в геологии наиболее распространены кривые отличающиеся левосторонней (положительной) асимметрией. Характерным свойством подобных распределений является изменение формы кривой на симметричную при замене значений, составляющих распределение, их логарифмами.

В результате возможно и в этом случае использовать все закономерности, основанные на функции нормального распределения, однако статистические операции следует производить не с вариантами, а с их логарифмами. Таким образом, возникло представление о законе логарифмически нормального (логнормального) распределения.

**Логарифмически нормальным** называется закон, при котором нормально распределены логарифмы значений случайной величины.

Такое распределение является положительно асимметричным и имеет положительный эксцесс. Математическое ожидание, мода и медиана логнормально распределенной случайной величины не совпадают, причем  $Mo < Med < \mu_x$ .

**Логарифмически нормальный** закон распределения имеет место в том случае, когда изучаемая случайная величина формируется под влиянием некоторого фактора, результат воздействия которого в данный момент времени пропорционален значению случайной величины, созданной под воздействием, предшествовавшим данному моменту времени, т.е. когда случайная величина подвержена *эффекту пропорциональности*.

## 6. Дисперсионный анализ

Свойства геологических объектов, обычно зависят от ряда факторов, обуславливающих их изменчивость. Выявление этих факторов и оценка степени их влияния на изменчивость свойств изучаемых объектов осуществляется с помощью дисперсионного анализа.

Задача его – выделить те факторы и их сочетание, которое оказывают существенное влияние на изменение изучаемой величины.

Метод основан на следующем принципе: если на случайную величину действуют взаимонезависимые факторы  $A, B, \dots, D$ , то общую дисперсию следующих величин  $\sigma^2$  можно рассматривать, как сумму дисперсий  $\sigma^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \dots + \sigma_D^2$

По количеству оцениваемых факторов дисперсионный анализ распределяется на одно-, двух-, и многофакторный.

Каждый фактор представляет собой переменную величину, изменяющуюся дискретно или непрерывно. Точечные значения дискретной величины и интервальные непрерывных называются уровнями факторов и обозначаются цифрами 1,2,3 и т.д.

Если количество замеров изучаемой случайной величины на всех уровнях по всем факторам одинаково, дисперсионный анализ принято называть равномерным, а если разное – неравномерным.

Суждение о влиянии определенного фактора на изменчивость случайной величины основано на группировке ее замеров по факторам и их уровням и проверке гипотезы о равенстве  $\sigma^2$ ; обусловленных данными факторами с остаточной (случайной)  $\sigma^2$ , вызванной неучтенными факторами. Если гипотеза отвергается, то делается вывод о том, что данный фактор оказывает существенное влияние на изменение изучаемого свойства геологического объекта.

С помощью дисперсионного анализа решается широкий круг геологических задач – проверяются гипотезы о влиянии литологических, геолого-химических, петрофизических, структурных и других факторов на локализацию оруденения – определяют влияние способа отбора проб на их достоверность и представительность; решается вопрос о влиянии гипергенных процессов и т.д.

Пример: решение геологической задачи.

Установить влияние выветривания на изменение содержания элемента А в изучаемых породах.

1. Дискретный фактор – выветривание может варьировать на уровне: 1 – свежие породы, 2 – слабыветрелые породы, 3 – сильновыветрелые породы и т.п.

Значения случайной величины принято обозначать через  $x_{ik}$ ,  $x_{ijk}$ , последний индекс  $k$  обозначает номер пробы ( $N$ ), остальные указывают на каком уровне каждого из факторов наблюдается соответствующее значение случайной величины.

Чтобы выводы при дисперсионном анализе были достоверными необходимо соблюдать следующие условия:

1. Изучаемые факторы должны быть независимыми;
2. Распределение выборочных данных не должно противоречить нормальному закону распределения или должно быть  $\approx$  нормальному.
3. Дисперсии, обусловленные ошибками воспроизводимости на разных уровнях одного и того же фактора должны быть однородными, т.е. не должны существенно различаться.

### Однофакторный анализ

Пусть случайная величина  $x$  изменяется под действием одного учтенного фактора  $A$ , варьирующего на  $k$  уровнях при количестве замеров на каждом уровне равном  $n$ , результаты наблюдения обозначаются, как  $x_{ij}$ ,  $i$  – номер наблюдения ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), а  $j$  – номер уровня фактора ( $j = 1, 2, \dots, k$ ).

№ измерения	Уровень фактора			
	$A_1$	$A_2$	...	$A_k$
1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1k}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2k}$
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
$n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nk}$
Групповые средние	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	...	$\bar{x}_k$

По этим данным рассчитываются следующие статистики:

1. Общая сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений признака от общей средней  $\bar{x}$ :

$$C_{\text{общ}} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2$$

2. Факторная сумма квадратов отклонений групповых средних от общей средней, характеризующая рассеяние между группами:

$$C_{\text{факт}} = n \cdot \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2$$

3. Остаточная сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений от своей групповой средней, характеризующая рассеяние внутри групп:

$$C_{\text{ост}} = \sum_{i=1}^n (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 + \sum_{i=1}^n (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 + \dots + \sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2$$

4. Общая, факторная и остаточная дисперсии

$$S_{\text{общ}}^2 = \frac{C_{\text{общ}}}{k \cdot (n-1)}; \quad S_{\text{факт}}^2 = \frac{C_{\text{факт}}}{k-1}; \quad S_{\text{ост}}^2 = \frac{C_{\text{ост}}}{k \cdot (n-1)}$$

5. Значения критерия Фишера

$$F = \frac{S_{\text{факт}}^2}{S_{\text{ост}}^2}$$

Значение критерия Фишера сравнивается с критическим для заданного уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $k-1$  и  $k \cdot (n-1)$  после чего делают вывод о вкладе фактора  $A$  в изменение случайной величины  $x$ .

В случае неравномерного однофакторного дисперсионного анализа вычисления проводятся небольшими изменениями всей выборки.

$$N = \sum n_i,$$

$n_i$  – число значений  $x_{ik}$  в строке сумму квадратов эффектов фактора  $A$  вычисляют по формуле:

$$Q_A = \sum_{i=1}^n (c'_i \div n_i) - C^2 \div N$$

### Двухфакторный анализ

При двухфакторном дисперсионном анализе квадратов отклонений от общего среднего разделяется на компоненты, отвечающие двум предполагаемым факторам изменчивости  $A$  и  $B$ .

Если по фактору  $A$  выделяется  $p$  уровней, а по фактору  $B$  –  $q$  уровней, то общее количество групп будет равно  $m = pq$ , а походные данные можно записать в виде таблицы:

A	Уровни фактора B						Среднее
	$B_1$	$B_2$	...	$B_j$	...	$B_q$	
$A_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1q}$	$\bar{x}_1$
$A_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2q}$	$\bar{x}_2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$A_i$	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{iq}$	$\bar{x}_i$
...	...	...	...	...	...	...	...
$A_p$	$x_{p1}$	$x_{p2}$	...	$x_{pj}$	...	$x_{pq}$	$\bar{x}_p$
Среднее	$\bar{x}_{.1}$	$\bar{x}_{.2}$	...	$\bar{x}_{.j}$	...	$\bar{x}_{.q}$	$\bar{x}$

Если для каждого значения факторов  $A_i B_j$  произведено  $n$  наблюдений, то в каждую клетку таблицы помещается  $n$  значений, а единичное наблюдение обозначается как  $x_{ijk}$ , где  $k=1,2,\dots, n$ . Оценки средних значений по группам  $\bar{x}_{ij}$ ; по факторам ( $\bar{x}_{i...}$   $\bar{x}_{.j}$ ) и общее среднее  $\bar{x}$  в этом случае рассчитывается по формулам:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ijk}; \quad \bar{x}_{i..} = \frac{1}{qn} \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^n x_{ijk} = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q \bar{x}_{ij}; \quad \bar{x}_{.j} = \frac{1}{pn} \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^n x_{ijk} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{x}_{ij}$$

Общая схема вычислений дисперсий при двухфакторном анализе в таблице.

Вид дисперсий	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Дисперсия
Факторная по фактору А	$C_1 = nq \sum_{i=1}^p (\bar{x}_{i...} - \bar{x})^2$	$p-1$	$S_1^2 = \frac{C_1}{p-1}$
Факторная по фактору В	$C_2 = nq \sum_{j=1}^q (\bar{x}_{.j} - \bar{x})^2$	$q-1$	$S_2^2 = \frac{C_2}{q-1}$
Смешанная по факторам АВ	$C_3 = n \cdot \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i...} - \bar{x}_{.j} + \bar{x})^2$	$(p-1) \cdot (q-1)$	$S_3^2 = \frac{C_3}{(p-1)(q-1)}$
Остаточная	$C_4 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2$	$p \cdot q \cdot (n-1)$	$S_4^2 = \frac{C_4}{pq \cdot (n-1)}$
Общая	$C = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x})^2$	$n \cdot p \cdot q - 1$	$S^2 = \frac{C}{npq - 1}$

Проверка гипотезы о влиянии на изменчивость изучаемого свойства каждого фактора в отдельности и их совместного влияния производится по критерию Фишера.

$$F_A = \frac{S_1^2}{S_4^2}; \quad F_B = \frac{S_2^2}{S_4^2}; \quad F_{AB} = \frac{S_3^2}{S_4^2}$$

Полученные значения  $F$  – критерии сравниваются с критическими для заданного уровня значимости и числа степеней свободы.

## 7. Многомерные статистические модели

Любое геологическое явление может быть охарактеризовано множеством признаков, поддающихся наблюдению и измерению. Геологические объекты должны рассматриваться как системы, зависящие от большого числа факторов и требующие для своего описания многомерного признакового пространства.

В качестве математической модели значений комплекса признаков рассматривается **многомерная случайная величина**, которая часто называется *случайным вектором*. Многомерные модели подразумевают вероятность нормального статистического распределения рассматриваемых случайных величин или хотя бы возможность их нормализации.

Вследствие сложных взаимосвязей между изучаемыми признаками эффективно всестороннее исследование системы с выделением наиболее важных факторов. Записи исходных данных и математические действия над ними производятся в матричной форме (работы Дж. Дэвиса).

**Многомерный корреляционный анализ** применяется для выявления зависимостей между наблюдаемыми значениями различных геологических характеристик и разделения множества признаков по характеру их внутренних связей.

Статистические свойства случайных величин с многомерным нормальным распределением задаются ковариационными или корреляционными матрицами, которые могут быть вычислены по исходным матрицам.

**Корреляционная матрица** – матрица в которой по диагонали расположены единицы, а недиагональные элементы представляют собой парные коэффициенты корреляции между соответствующими признаками.

$$[R] = \begin{pmatrix} 1 & r_{x_1x_2} & \dots & \dots & r_{x_1x_m} \\ \dots & 1 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ r_{x_mx_1} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Методы многомерного корреляционного анализа используются в геологии для изучения зависимостей между случайными величинами, зависящими от совокупного влияния факторов неясной физической природы.

Для распределения исходных совокупностей на несколько классов по степени сходства, составляющих их объектов используется в частности кластерный анализ (анализ групп). Широко применяется в геолого-минералогической науке в частности при классификации парагенетических ассоциаций элементов.

### Множественная регрессия и ее использование для предсказания свойств геологических объектов.

В отличие от двумерной регрессии в методах множественной регрессии зависимая переменная ( $Y$ ) рассматривается как функция не одной, а нескольких переменных ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ). Уравнение множественной регрессии записывается как ..... функция.



$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n = \beta_0 + \sum \beta_i x_i;$$

$\beta_0, \beta_1, \dots$  - коэффициенты регрессионной модели.

Этому уравнению соответствует так называемая гиперплоскость, т.е. плоскость  $n$ -мерного пространства. Множественная регрессия строится на основе учета всех возможных взаимодействий между переменными и их сочетаниями. В ее задачи входит оценка общего вклада всех переменных в изменчивость  $Y$ , а т.ж. определение относительного влияния каждого из них с помощью коэффициентов  $\beta_i$ . Таким образом, множественный регрессионный анализ сводится к вычислению значений коэффициентов регрессионной модели ( $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ ) по совокупности  $n$  наблюдений над переменными ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ) и  $Y$ , оценке влияния каждой переменной и их общего вклада в оценку зависимой переменной ( $Y$ ). Все математические расчеты производятся в матричной форме.

Модели множественной регрессии используются для предсказания значений зависимой переменной (содержания ценного компонента, объемной массы руды, глубины формирования минерала и т.д.) по набору независимых переменных (содержаний петрогенных элементов, объемной массы тяжелых минералов в рудах, содержаний элементов-индикаторов и т.д.).

### **Задачи распознавания образов в геологии**

Многие прогнозные и интерпретационные задачи решаются в практической геологии путем сопоставления комплексов признаков изучаемого объекта с комплексом тех же признаков эталонного объекта. Совокупность подобных методов основанных на принципе аналогии получила название *методов распознавания образов*.

С позиций многомерного математического анализа реальному геологическому объекту ставят в соответствие набор действительных чисел  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , которые выражают значения измеренных геологических, геохимических или геофизических его признаков. Каждая совокупность таких признаков как вектор или точка в многомерном пространстве, а множество объектов одного класса в пространстве признаков соответствуют некоторым множествам точек.

### **Кластерный анализ многомерных совокупностей**

Кластерный анализ - метод иерархической группировки переменных, метод анализа групп переменных. Задача кластерного анализа - разбивка множества элементов корреляционной матрицы признаков  $[R]$  на группы так, чтобы в них объединились объекты с наивысшими значениями характеристик сходства, а разобщенные группы оставались бы при этом максимально изолированными по данному признаку. В качестве меры сходства могут использоваться непосредственно парные коэффициенты корреляции ( $r$ ) или другие дистанционные показатели ( $dt$ ).

Первый шаг анализа групп методом объединения элементов состоит в выявлении наивысших коэффициентов корреляции между отдельными парами элементов, которые объединяются и принимаются за центры групп. Число таких центров изменяется от 1 до 3 (редко более).

Далее матрица вычисляется снова. Причем сгруппированные элементы считаются за один элемент, а коэффициенты корреляции с другими группами вычисляются заново. По результатам вычислений составляется новая матрица, которая вновь подвергается сокращению путем выявления и объединения пар с максимальными значениями признаков сходства. Операция последовательного сокращения и пересчета матрицы повторяется до тех пор, пока значения групповых коэффициентов сходства не достигнут порогового значения.

Результаты кластерного анализа изображаются в виде древовидного графика – *дендрограммы*, в которой по оси абсцисс располагаются символьные значения переменных, а по оси ординат – значения коэффициентов корреляции. Дендровидный граф, который учитывает не только внутригрупповые расстояния, но и средние расстояния между группами называется *дендрографом* (применяется для сравнения месторождений и др. геологических объектов).

### **Факторный анализ**

**Факторный анализ** представляет собой совокупность приемов математической статистики, предназначенных для обработки массивов экспериментальных, многомерных данных, где каждый объект описан фиксированным набором признаков. При этом каждый признак

рассматривается не изолировано от остальных, а анализируется в заданной совокупности признаков.

В качестве объектов могут быть рассмотрены точки наблюдения, пробы, обнажения, замеры по скважинам и т.п. В качестве признаков - содержания химических элементов, параметры физических полей и физических свойств и т.д. Среди многочисленных приемов факторного анализа одним из наиболее эффективных при решении геологических задач является *метод главных компонент* (МГК).

В основе моделей факторного анализа лежит следующая гипотеза: измеряемые признаки представляют собой результат воздействия некоторых процессов и косвенное отражение внутренних свойств, обуславливающих закономерную изменчивость объекта в пространстве и времени. Тем самым допускается, что объекты и явления могут быть эффективно описаны небольшим числом функциональных единиц, фиксирующих объективно существующие закономерности и характеризующих весь класс в целом. Эти функциональные единицы «внутренние» свойства объектов, процессы – принято называть *факторами*.

В рамках принятой гипотезы предполагается, что число факторов значительно меньше (не больше) числа исходных признаков. Когда при неизвестном, предположительно большом числе факторов требуется оценить их природу и степень влияния на совокупность признаков, то используют методы собственно факторного анализа.

Вклад вносимый каждым из факторов при воздействии на предмет, неодинаков, как правило, наиболее существенными являются независимые признаки (т.е. некоррелированные). В математическом смысле основной задачей факторного анализа является представление наблюдаемых признаков в виде линейных комбинаций относительно независимых факторов при минимальной потере информации.

В общем случае факторная модель для произвольного признака может быть представлена в виде:

$$x_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + a_{j3}F_3 + \dots + a_{jk}F_k + \dots + a_{jt}F_t + b_jS_j + e_jp_j$$

Математическая модель **метода главных компонент**

$$x_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + a_{j3}F_3 + \dots + a_{jk}F_k + \dots + a_{jl}F_l$$

где наблюдаемый компонент  $x_j$  линейно зависит от некоррелированных между собой компонент (факторов  $F$ ). С помощью модели делается попытка объяснить величину дисперсии только влиянием факторов  $F$ , не занимаясь анализом других факторов.

Вычислительные процедуры факторного анализа позволяют определять значения  $a_{jk}$  и  $F_k$  и на основе этого вычислить все составляющие для  $x_j$  в формулах. Иными словами с помощью факторного анализа возможно решение как прямой – нахождение числа факторов, оценка их влияния и значимости, идентификация и определение непосредственно самих значений факторов, так и обратной задачи – восстановление для каждого признака составляющих, обусловленных действием как отдельно взятого фактора, так и любого их сочетания.

Исходным материалом для **МГК** обычно является корреляционная матрица, характеризующая силу линейных связей между признаками. Задачей МГК является попытка приемлемого объяснения полной дисперсии признаков под воздействием общих факторов. Недостатком МГК является отсутствие влияния фактора погрешности наблюдения. МГК не требует никаких предположений о виде распределения исходных признаков.

**МГФ** эффективен только в условиях многомерного нормального распределения, представительности выборочных данных, линейности связи признаков с факторами и отсутствии автокорреляции в исходных наблюдениях.

Совокупность задач решаемых с использованием МГК и МГФ можно классифицировать по следующим типам:

#### ***Оптимальное описание объектов.***

Факторный анализ позволяет большие массивы данных представлять в сокращенной форме без потери информации за счет преобразования признаков. МГК позволяет получить наивысший коэффициент сжатия. Однако, если данные измерены с существенными ошибками и коррелированы между собой рекомендуется МГФ.

### **Классификация**

В связи с тем, что факторы характеризуют объекты со стороны принадлежности к определенным классам, использование факторов вместо признаков при решении задач классификации более оправдано.

### **Причинный анализ взаимосвязей между признаками.**

Выявление, идентификация и изучение факторов позволяют проверить и обосновать различные гипотезы относительно механизма генерирования признаков и объяснения связей между ними.

### **Прогнозирование**

Регрессионный анализ является одним из эффективных методов предсказания наиболее вероятных значений исследуемой величины по совокупности известных значений сопряженных с ней переменных. На практике, часто сопряженные переменные оказываются коррелированы между собой и измеряются с существенными ошибками, что приводит к некорректному определению коэффициентов регрессии. Построение регрессии на факторах позволяет получить некоррелированные переменные и снизить размерность задачи (уменьшить число  $x_j$ ), что дает более надежные оценки коэффициентов регрессии.

В приложении к геологии решение перечисленных задач позволяет осуществлять расчленение неоднородного геологического пространства, выделение комплексных геолого-геофизических аномалий, классификацию и типизацию геологических объектов, выявление периодичности геологических процессов, прогнозирование месторождений полезных ископаемых

### **Дискриминантный анализ**

**Дискриминантный анализ** является статистическим средством разделения (дискриминации) многомерных нормально распределенных совокупностей на группы таким образом, чтобы была достигнута максимальная однородность внутри групп и минимальная между ними.

Метод линейных дискриминантных функций применительно к петрохимическим задачам заключается в комплексном использовании нескольких признаков (содержаний оксидов петрогенных компонентов), объединенных таким образом, чтобы получить наилучшее разделение сравниваемых групп горных пород. Физический смысл дискриминантной функции состоит в том, что она представляет собой уравнение гиперплоскости в  $n$ -мерном пространстве признаков, которая должна быть проведена таким образом, чтобы по одну сторону от нее оказалось максимальное количество объектов, относящихся к первой группе, а по другую – максимальное количество объектов второй группы.

Для случая равных ковариационных матриц этот метод был разработан Р.А. Фишером, общее решение для неравных ковариационных матриц найден Т.У. Андерсоном и Р.Р. Бахадуром. Техника вычислений, используемых в этом способе дискриминации, заключается в следующем. Вектор коэффициентов в уравнении гиперплоскости определяется по уравнению

$$b = [y\Sigma_1 + (1-y)\Sigma_2]^{-1} \cdot (\bar{\mu}_2 - \bar{\mu}_1),$$

где  $\Sigma_1$ ;  $\Sigma_2$ ;  $\bar{\mu}_2$ ;  $\bar{\mu}_1$  – ковариационные матрицы и векторы средних значений первой и второй групп, а  $y$  – решение уравнения

$$\{[y\Sigma_1 + (1-y)\Sigma_2]^{-1} \cdot (\bar{\mu}_2 - \bar{\mu}_1)\}^2 \cdot \{y^2\Sigma_1 + (1-y)^2\Sigma_2\} = 0$$

причем величина  $y$  заключена в пределах  $0 \leq y \leq 1$ . Уравнение для определения  $y$  решается путем подбора значений  $y$  от 0 до 1 и выбора того решения, которое обращает в 0 левую часть уравнения.

Чтобы отнести объект с признаками  $x_1, x_2, \dots, x_n$  к одной из двух групп, следует руководствоваться следующим правилом: если  $b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + P < 0$ , то объект относится к первой группе, а в случае  $b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + P \geq 0$  – ко второй. При этом свободный член уравнения ( $P$ ) в уравнении гиперплоскости вычисляется.

Вероятность ошибочной классификации будет зависеть от величины  $d$ , которая является аналогом обобщенного расстояния между сравниваемыми группами в случае равных ковариационных матриц.

Вероятность неправильной классификации  $P$  определяется соотношением  $P = 1 - \Phi(d)$ , где  $\Phi(d)$  функции нормального распределения. Все вычисления проводятся на ЭВМ. Исходными данными служат результаты химических анализов, выраженных в массовых содержаниях оксидов. Находятся коэффициенты  $b_1, b_2, \dots, b_n$  линейных дискриминантных функций

$$D(x) = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \text{ (SiO}_2\text{-}x_1; \text{TiO}_2\text{-}x_2; \dots; \text{K}_2\text{O-}x_{10}\text{)}.$$

Обычно в качестве делящих признаков выбирают содержания лишь тех оксидов, по которым сравниваемые группы значительно разнятся между собой; в уравнения дискриминантных функций не следует включать те признаки, которые являются одинаковыми в обеих группах, так как это значительно ухудшает дискриминацию.

#### Разделение гипербазитов

$$D(x) = -0,003 \text{ SiO}_2 + 6,672 \text{ TiO}_2 + 0,109 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 0,018 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0,813 \text{ FeO} - 0,249 \text{ MgO} - 0,106 \text{ CaO} + 1,551 \text{ Na}_2\text{O} - 0,289 \text{ K}_2\text{O} + 5,651 = 0$$

При  $D(x) < 0$  объект относится к гипербазитовой формации, при  $D(x) > 0$  – к габбро-пироксенит-дунитовой формации.

#### Разделение амфиболитов

$$D(x) = 7,07 \lg \text{TiO}_2 + 1,91 \lg \text{Al}_2\text{O}_3 - 3,29 \lg \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8,48 \lg \text{FeO} + 2,97 \lg \text{MnO} + 4,81 \lg \text{MgO} + 7,80 \lg \text{CaO} + 3,92 \lg \text{P}_2\text{O}_5 + 0,15 \lg \text{CO}_2 - 15,08 = 0$$

При  $D(x) < 0$  объект относится к параамфиболитам (по осадочным породам), при  $D(x) > 0$  – к ортоамфиболитам (по магматическим породам).

## 8. Математическое описание пространственно-упорядоченных переменных (пространственно-статистический анализ)

Обработка данных с учетом их пространственного положения составляет основу **пространственно-статистического анализа (геостатистики)**. ПСА применяется при поисках и разведке месторождений, картировании, увязке пород в соседних разрезах, геофизических исследованиях и т.д.

Решаются задачи:

1. Установление направления сноса обломочного материала по концентрации в нем тех, или иных минералов.

2. Выделение рудоконтролирующих структур.

Согласно геостатистике любой геологический признак (содержание элемента, линейная продуктивность, мощность рудного тела и т.д.) лишен какой либо случайности и имеет вполне определенное место в пространстве.

Специальные аппараты геостатистики – вариограммы, кригинг.

#### Случайная функция

При решении любой геологической задачи возникает необходимость количественной оценки пространственной изменчивости объекта. Для оценки пространственной изменчивости признаков существует аппарат теории случайных функций.

**Случайная функция** – такая функция, которая в результате опыта, может принять тот или иной конкретный вид неизвестный заранее. Аргументами являются: время (случайные процессы) или координаты пространства (случайные поля или последовательности).

Случайные процессы используются для оценки сезонных колебаний уровня грунтовых вод, гидродинамические свойства горных пород зависят от времени.

Конкретный вид, который принимает функция в результате опыта, или наблюдения называется ее **реализацией**.

#### Главные характеристики случайной функции

1. Математическое ожидание  $Mx(l)$
2. Дисперсия  $Dx(l)$

### 3. Корреляционная функция $K_x(l)$

**Математическим ожиданием** случайной функции ( $M_x(l)$ ) называется случайная функция, которая при каждом значении аргумента  $l$  равна математическому ожиданию соответствующего сечения случайной функции. Оценка математического ожидания рассчитывается по формуле

$$\bar{X}(l) = \sum_{k=1}^N X_k(l) / N$$

**Дисперсией**  $D_x(l)$  называется неслучайная функция значения которой для каждого  $l$  равны дисперсии соответствующего сечения случайной функции. Характеризует ширину разброса значений.

$$D_x(l) = \sum_{k=1}^N [X_k(l) - \bar{X}(l)]^2 / (N-1)$$

Корреляционная функция отражает степень зависимости между сечениями случайной функции при различных значениях аргумента ( $K_x(l', l'')$ ).

$$K_x(l', l'') = M[X(l') \cdot X(l'')]$$

$X$  – значение централизованной случайной функции при значениях аргумента  $l'$  и  $l''$ .

Центрированные случайные функции рассчитываются путем вычитания из значений случайной функции ее математического ожидания.

$$X(l) = X(l) - M_x(l)$$

Для описания характера изменчивости двумерных геологических полей используют **двумерную автокорреляционную функцию**. Она выражает силу корреляционной связи между значениями признака в точках поля расположенных на разных расстояниях друг от друга относительно координат пространства  $X, Y$ .

Любая случайная функция должна соответствовать двум требованиям:

- 1.- стационарности
2. эргодичности.

1. **Стационарной** является функция, если все ее вероятностные характеристики не зависят от расстояния, т.е. не изменяются при любом сдвиге аргументов по оси  $l$ . Отличается постоянством математического ожидания, дисперсии. Корреляционная функция будет зависеть лишь от расстояния ( $r$ ) между первым и вторым аргументом.

2. **Эргодичной** является функция, если одна реализация стационарной случайной функции на достаточно большом интервале эквивалентна большому числу реализации но на ограниченном интервале, т.е. функция обладает эргодичностью.

Свойствами стационарности и эргодичности обладают только однородные поля геологических переменных.

#### **Корреляционная функция**

$$K_x(r) = 1/(L-r) \int_0^{L-r} [f(x_i) - M(x)] \cdot [f(x_{i+r}) - M(x)] \cdot dx$$

$L$  – длина исследуемого профиля или участка;

$l$  – расстояние между точками наблюдения, но выраженное числом интервалов между ними;

$f(x_i)$  – переменная величина (содержание металла в пробе);

$f(x_{i+r})$  – переменная величина в ряду, который начинается со значения  $x_{i+r}$  и заканчивается  $x_n$ ;

$M(x)$  – математическое ожидание (среднее значение) переменной величины от 0 до  $L$ .

В практике используется корреляционная функция нормированная по дисперсии, она записывается  $\rho_{x(r)}$

$$\rho_{x(r)} = K_{x(r)} / D_x$$

Все значения случайных процессов и явлений зависят друг от друга (взаимная коррелированность значений). Чем ближе между собой пробы, тем меньше различий между значениями геологических характеристик.

### Автокорреляционная функция.

**Автокорреляция** – взаимная коррелированность значений стационарного случайного процесса в различных сечениях. Величина расчетная.

График автокорреляционной функции (**коррелограмма**) - это кривая, соединяющая значения коэффициентов автокорреляции при различных ЛАГах (h). **ЛАГ** – предельное расстояние между точками замера изучаемого ряда.

$\rho_{u(h)}$  – коэффициент автокорреляции.

$\rho_{u(h)} = K_{u(h)}/S_u^2$ , где

$K_{u(h)}$  – корреляционный момент,

$S_u^2$  – дисперсия.

$$K_u(h) = \left( \sum_{i=1}^{n-h} (u_i - \bar{u}) \cdot (u_{i+h} - \bar{u}) \right) / (n-h)$$

n- количество замеров, h – ЛАГ

### Геостатистическая модель.

Для количественного описания характера изменчивости стационарной случайной функции используется структурная функция – **вариограмма**

$$\gamma_{u(h)} = \Delta_{h(m)}^2 = 1/(2(n-h)) \cdot \sum_{i=1}^{n-h} (u_i - u_{i+h})^2$$

$\Delta_{h(m)}^2$  – квадрат первых разностей

График вариограммы (структурной функции)

Существуют теоретические модели вариограмм. Их три вида.

- Сферическая модель
- Степенная модель
- Модель де Вийса
- вариограмма с эффектом самородков. Характеризует крайне прерывистое оруденение, где наряду со средними значениями встречаются ураганные значения

**Кригинг** – метод нахождения наилучшей оценки среднего значения пространственной переменной (содержание элементов, мощность тела и т.д.). используют средние значения блоков как внутри, так и вне его.

Кригинг реализуется несколькими методами:

- 1 – линейный;
- 2 – логнормальный;
- 3 – индикаторный;
- 4 – факторный;
- 5 – универсальный.

**Дискретный (точечный) кригинг** – кригинг, реализуемый при интерполяции имеющихся разведочных данных в заданной точке тел полезных ископаемых.

## Рекомендуемая литература

1. Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии: Учебник. СПб. 2006. 223 с.
2. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии: Учебник для вузов. М.: Недра. 1990. 251 с.
3. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Л.: Недра. 1980. 360 с.
4. Дж. С. Дэвис. Статистический анализ данных в геологии. М.: Недра. 1990. Кн.1-319 с., Кн.2-427с.
5. Мягков В.Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра. 1984. 126 с.
6. Панов Ю.К., Петруха Л.М. Методическая разработка к лабораторным занятиям по разделу «Статистические оценки параметров генеральной совокупности при решении геологоразведочных задач» курса «Математические методы в геологии» для студентов специальности «Геологическая съёмка, поиски и разведка». Выпуск 5,6. Издание СГИ. 1991. 29 с., 21 с.
7. Справочник по математическим методам в геологии/Родионов Д.А., Коган Р.И., Голубева В.А. и др. М.: Недра. 1987. 335 с.
8. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии: Учеб. пособие. Красноярск. Изд-во Красноярск. ун-та. 1988. 208 с.

## Вопросы для самопроверки

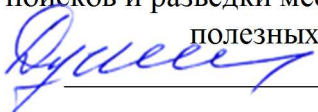
1. Какова роль математических методов в решении геологических задач?
2. Что такое выборка?
3. Какие требования предъявляются к выборочным данным?
4. Что такое вероятность случайного события?
5. Что такое закон распределения случайной величины?
6. Какие законы распределения обычно используются при моделировании геологических объектов и явлений?
7. Свойства нормального закона распределения.
8. Как определить вероятность попадания случайной величины в заданный интервал значений?
9. Что называется оценкой параметра распределения?
10. Что такое точечная оценка параметров распределения?
11. Как вычисляются оценки математического ожидания и дисперсии при логнормальном законе распределения?
12. Как вычисляется оценка асимметрии при биномиальном распределении?
13. Как вычисляются интервальные оценки среднего и дисперсии при нормальном законе распределения?
14. В чем заключается необходимость использования статистических гипотез при моделировании свойств геологических объектов?
15. Что такое ошибки 1-го и 2-го рода при принятии гипотез?
16. Что такое доверительная и критическая области критерия?
17. Как выбирается уровень значимости критерия?
18. Как можно проверить гипотезу о соответствии эмпирического распределения одному из теоретических законов?

19. Как проверить гипотезу о равенстве двух неизвестных средних, если распределение не соответствует нормальному закону?
20. Как проверить гипотезу о равенстве двух неизвестных дисперсий, если распределение не соответствует нормальному закону?
21. Как можно графически оценить однородность выборки?
22. В чем сущность дисперсионного анализа?
23. В чем отличие корреляционной связи от функциональной?
24. Какие показатели характеризуют форму и тесноту корреляционной связи?
25. Как определить тесноту связи, если закон распределения неизвестен?
26. Как проверить гипотезу о линейности корреляционной связи?
27. В чем отличие корреляционной и ковариационной матриц?
28. Методы исследования структуры корреляционных матриц.
29. Как разделить закономерную и случайную составляющие пространственной изменчивости?
30. Что такое тренд-анализ?
31. Как можно выявить наличие тренда в серии наблюдений?



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой геологии,  
поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых  
  
В. А. Душин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**К.М.02.04 ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ И  
АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

Специальность:

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых**

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хасанова Г. Г., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры  
Геологии, поисков и разведки МПИ

*(название кафедры)*

Протокол № 1 от 23.09.2021

*(Дата)*

Екатеринбург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РЕШЕНИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ	
1.1. Основные сведения о геометризации горно-геологических свойств месторождений полезных ископаемых.....	3
1.2. Понятие о геологическом поле и его свойствах.....	3
1.3. Способы задания аппроксимирующих геологические поля функций Понятие о регулярной и случайной составляющих геологических полей.....	4
1.4. Требования, предъявляемые к аппроксимирующим геологические поля функциям. Математические действия с заданными графически функциями.....	7
1.5. Типизация математических решений геологоразведочных задач.....	8
2. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ	
2.1. Изучение закономерностей распределения компонентов в залежах полезных ископаемых .....	12
2.2. Оценка качества минерального сырья в недрах .....	14
2.3. Морфометрический анализ рудных тел пласто- и линзообразных форм.....	16
Контрольные вопросы по курсу «Геометризация и анализ геологических полей» .....	18
Рекомендуемая литература .....	19

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РЕШЕНИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ

## 1.1. Основные сведения о геометризации горно-геологических свойств месторождений полезных ископаемых

Основоположником геометризации, как метода изучения земных недр, является П. К. Соболевский. Им разработаны теоретические основы изучения месторождений на базе представления о недрах как о совокупности геохимических и геотектонических полей. В качестве основного метода изучения таких полей предлагался способ изолиний, с помощью которого можно выразить размещение геологического признака в пространстве недр в любом плоском сечении. Графической основой для построения системы изолиний (топоповерхности) является проекция с числовыми отметками на горизонтальную, наклонную или вертикальную плоскости. Аппарат математических действий с топоповерхностями и предложенная П.К.Соболевским точечная объемная палетка сделали разработанный им графоаналитический метод универсальным при изучении недр. Высказанные П.К.Соболевским идеи послужили теоретической основой геометризации разнообразных месторождений полезных ископаемых: пластовых осадочных и жильных, рудных моно- и полиметаллических, россыпных, нефтяных и газовых, стройматериалов и др. Методы горной геометрии позволяют прогнозировать развитие во времени и в пространстве различных процессов происходящих в земных недрах естественным путём или в результате деятельности человека. Однако следует подчеркнуть, что в практике геологических исследований термином “геометризация” обозначаются два разных по сущности понятия:

- во-первых, геометризацией называют графические построения контуров рудных тел и выделяемых в их пределах блоков при подсчёте запасов минерального сырья;
- во-вторых, геометризация – это комплекс графоаналитических операций над пространственно заданными совокупностями человека значений характеристик свойств геологических тел, производимых с целью выявления и последующего графического изображения описывающих их функций, представляющих собой математические модели объектов исследования. Именно последнее определение геометризации составляет содержательную основу метода изучения земных недр, разработанного П.К.Соболевским, что, пользуясь терминами прикладной математики, было бы правильнее назвать не геометризацией, аппроксимацией.

## 1.2. Понятие о геологическом поле и его свойствах

Фундаментальным понятием геометризации (аппроксимации) является понятие о геологическом поле. Существуют два взаимно дополняющих друг друга определения этого понятия: содержательное, данное ещё П.К.Соболевским в 1930 г. и формализованное.

Содержательное определение геологического поля:

- геологическим полем называется совокупность форм, свойств, явлений и процессов, связанных единством происхождения и пространственного положения.

Согласно формализованному определению:

- геологическим полем называется пространство, каждому элементарному объёму которого может быть поставлено в соответствие определённое значение характеристики какой-либо величины. Эти два определения геологического поля взаимно дополняют одно другое: содержательное определение принимается во внимание при обобщении и интерпретации результатов математических описаний объектов исследования, а формализованное — при обосновании применения методов математической обработки геологической информации. При поисках, разведке оценке месторождений полезных ископаемых на всех стадиях их изучения приходится иметь дело с пространственно заданными совокупностями весьма разнообразных в качественном и количественном отношении характеристик свойств, форм, явлений

и процессов, фиксируемых при исследовании как самого тела полезного ископаемого, так и окружающего его пространства. Как следствие, общее понятие геологического поля в реальном воплощении расчленяется на ряд частных понятий, относящихся к объектам изучения иногда даже различных отраслей геологии.

Принято различать поля:

- 1) морфометрических и морфоструктурных свойств тел полезных ископаемых и месторождений (мощность, отметки кровли и подошвы рудных тел, отметки поверхности напластований и дизъюнктивных нарушений);
- 2) поля химических свойств или геохимические поля (содержания химических элементов в околорудном пространстве и рудных телах)
- 3) поля физических свойств руд и пород или геофизические поля (плотность, электрическое сопротивление, радиоактивность, магнитная восприимчивость и т.д.);
- 4) поля гидрогеологических и инженерно-геологических свойств руд и окружающих их пород;

При этом значительная продолжительность и стадийность формирования многих свойств месторождений полезных ископаемых и, следовательно, отвечающий им состав различных полей по природе своего образования может быть гомогенным или гетерогенным.

Поле называется гомогенным, если характеризуемое свойство имеет только одну форму проявления или нахождения. Если таких форм проявления или нахождения несколько, то поле этого свойства называется гетерогенным. Например, геохимическое поле серы в рудных телах алтайских полиметаллических месторождений является гетерогенным, так сера входит в состав пирита, халькопирита, сфалерита и галенита, соотношение которых по стадиям минерализации к тому же существенно изменяются. Гомогенным следует считать поле той части серы, которая входит в состав определённого минерала, если последний не имеет в руде нескольких генераций. В ином случае и это поле гетерогенно.

Морфометрическое поле отметок подошвы залежи полезного ископаемого также будет считаться гетерогенным, если она совместно с вмещающими породами участвовала в наложенных процессах складкообразования или нарушена пострудными дизъюнктивами.

### **1.3. Способы задания аппроксимирующих геологические поля функций. Понятие о регулярной и случайной составляющих геологических полей**

В соответствии с формализованным определением понятия геологического поля какое-либо его свойство может быть записано в математических символах следующим образом:  $U = f(x, y, z, t)$ , где  $U$  – характеристика свойства,  $x, y, z$  – координаты пространства,  $t$  – координата времени. Если влиянием времени можно пренебречь (поле стационарно), то запись трехмерного случая будет иметь вид -  $U = f(x, y, z)$ , для двумерного случая (плоское поле) –  $U = f(x, y)$  и для одномерного случая (изменение поля по линии профиля или выработки) -  $U = f(x)$ .

Известно три способа задания функций, описывающих, одно- двух- и трехмерные геологические поля: табличный, графический, аналитический. Табличный способ (например, журнал опробования) используется лишь в качестве средства сбора и хранения информации, т. к. из-за обычной громоздкости фактического материала основные тенденции в строении поля и его изменения в пространстве, как правило, не просматриваются. В геологической практике наиболее широко применяется графический способ задания функций, при котором строятся графики функции  $U = f(x)$  и  $U = f(x, y)$ . При этом двумерный функции представляют собой, как правило, довольно сложную по рельефу поверхность, изображаемую с помощью изолиний свойства, а одномерные графики, являющиеся сечениями плоского поля, - нелинейные, реже линейные зависимости (рис.1).

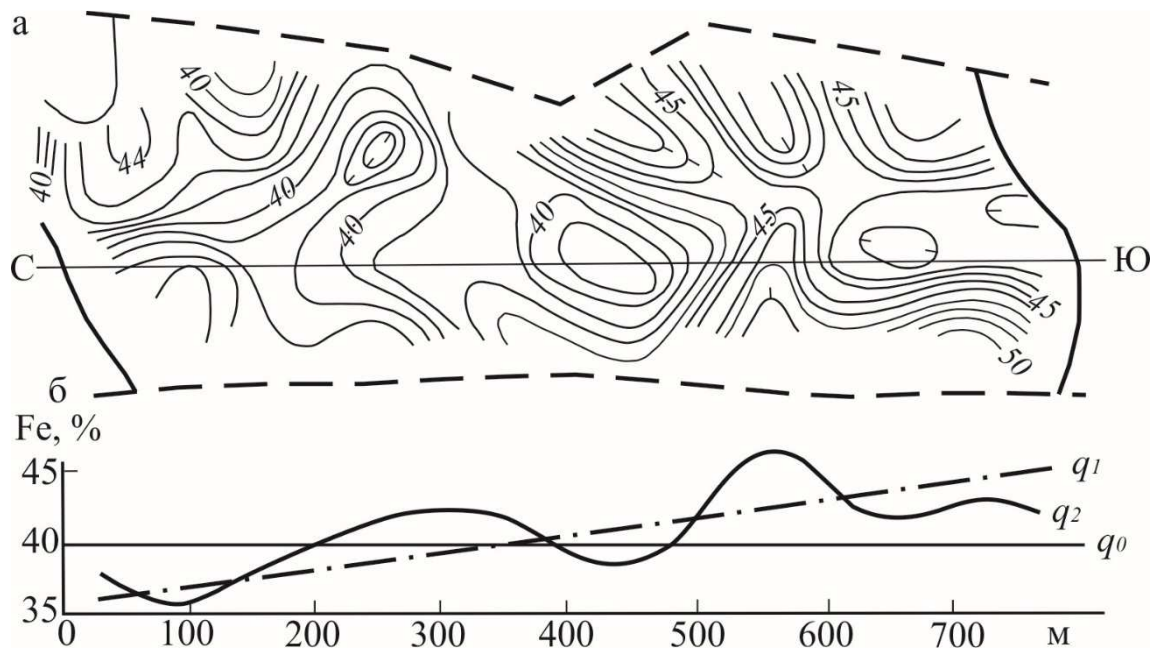


Рис. 1. Графики функций пространственного распределения железа в залежи Покровского месторождения.

а – график двухмерной функции; б – график одномерной функции по сечению С-Ю ( $q$  – уровни изменчивости геохимического поля железа).

Поле считается заданным аналитически, если известен конкретный вид формулы, описывающий его функции. Обычно вид этой функции достаточно сложен и, как правило, не может быть выражен простыми линейными и нелинейными зависимостями. Чаще всего это комбинации различных, простых зависимостей, для описания которых приходится использовать функциональные полиномы, что стало возможным с внедрением в практику компьютерных технологий. Однако широкое применение этого способа сдерживается из-за отсутствия объективных методов определения минимального количества членов функционального ряда, которое целесообразно удерживать для того, чтобы считать описание достаточно хорошим.

Решение вопроса, осложняется тем, что частные значения характеристик реального поля в точках пространства неоднородны по своему составу. Они представляют собой алгебраическую сумму двух величин, называемых регулярной и случайной составляющими (компонентами) поля  $U_i = f(x_i, y_i) + \delta_i$  (двумерный вариант),  $U_i = f(x_i) + \delta_i$  (одномерный вариант), - где  $U_i$  - значение переменной, в “ $i$ ” - той точке пространства с координатами  $x_i, y_i$ ,  $f(x_i, y_i)$  - значение регулярной (или закономерной) составляющей,  $\delta_i$  - значение случайной составляющей (рис. 2)

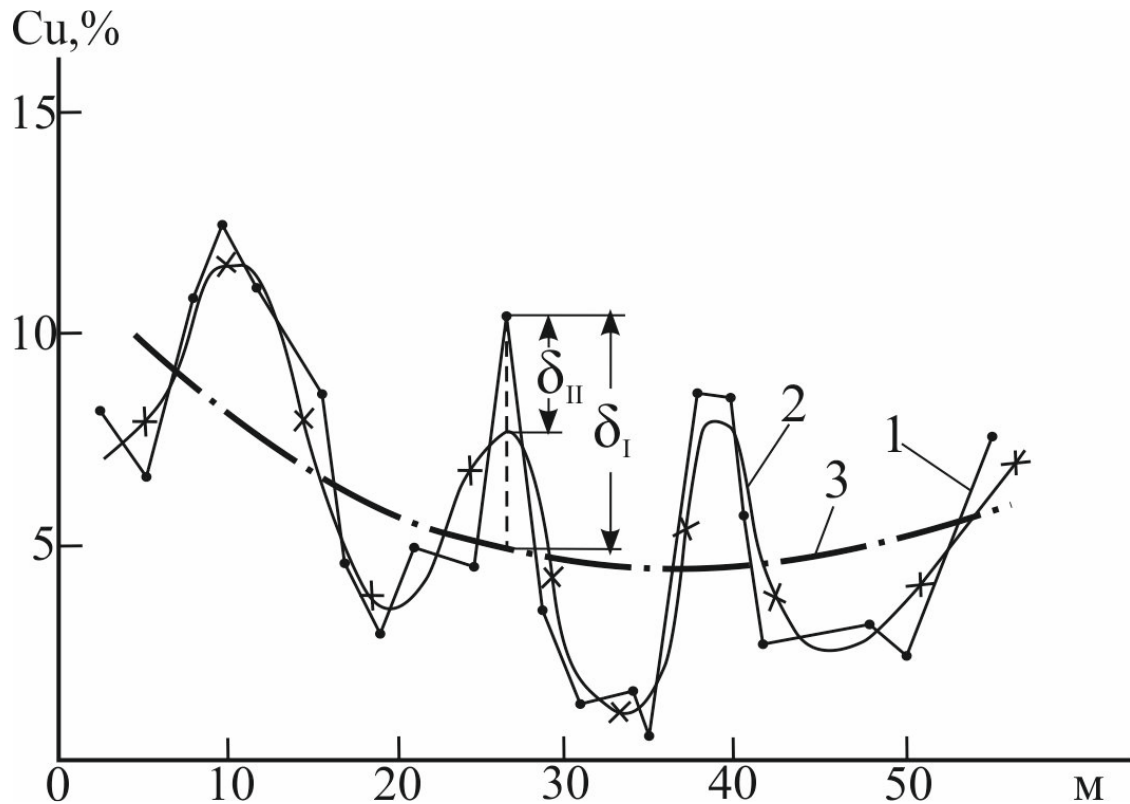


Рис. 2. График функции распределения меди по данным опробования скважины (Вадимо-Александровское месторождение).

1 – эмпирические данные, 2 – изменение регулярной компоненты поля на втором уровне изменчивости, 3 – то же на первом уровне изменчивости;  $\delta$  – случайные составляющие на первом ( $\delta_I$ ) и втором ( $\delta_{II}$ ) уровнях изменчивости.

*Регулярной составляющей поля* называется детерминированная компонента, фиксирующая направленность изменения изучаемого свойства в пространстве геологического объекта: например закономерность выклинивания линзообразного рудного тела от центра к периферии залежи.

*Случайной компонентной поля* называется составляющая, обуславливающая флуктуацию ее значений относительно детерминированной переменной. Ее наличие определяется влиянием как геологических, так и технологических факторов: например, флуктуацию мощности относительно генеральной тенденции к выклиниванию линзовидного тела от центра к периферии в случае экзогенного месторождения обусловлена не только неровностями дна бассейна седиментации, но и погрешностями принятого способа измерений. Разделить эти флуктуации по факторам влияния очень сложно, да и к этому особенно не стремятся, оценивая их влияние совместно методами математической статистики. Так, при геохимических методах поисках месторождений полезных ископаемых при выделении аномалии, как поискового признака, в геохимическом поле рассеяния вещества широко пользуются соотношением:

$C_a = C_f + 3b$ , где  $C_a$  – минимальное аномальное содержание,  $C_f$  – предел рассеяния вещества (фон),  $b$  – среднее квадратичное отклонение, вычисленное по данным опробования безрудных пород, т.е. на уровне изменения фоновых значений. Здесь среднее квадратичное отклонение представляет собой оценку флуктуаций частных значений относительно  $f$  – предела, к которому стремится с удалением от рудного тела при рассеянии вещества описывающая поле функция  $C = a * \exp[-\alpha * x^2]$ , где  $C$  – регулярная компонента поля,  $a, \alpha$ , – параметры,  $x$  – координата. Причем размер флуктуаций относительно фона определяется как анизотропией свойств среды рассеяния вещества, так и погрешностями спектрально-приближенно-количественного анализа.

Важными свойствами распределения случайной компоненты относительно регулярной составляющей являются знакопеременность и симметричность отклонений (иногда их логарифмов), вследствие чего

$$\sum \delta_i / n \rightarrow 0 \text{ при } n \rightarrow \infty,$$

но обладает дисперсией:

$$\sigma_q^2 = \sum \delta_i^2 / n \text{ (n- число измерений).}$$

Как видно, и более высокочастотные уровни изменчивости, и случайная компонента поля обладает одним и тем же свойством знакопеременности. Это обстоятельство и снижает возможности применения аналитического способа описания поля. Все определяется тем, какой точностью при описании мы зададимся, и в зависимости от этого в состав случайной компоненты поля может включаться та или иная часть его регулярной составляющей относительно высокочастотного уровня.

#### 1.4. Требования, предъявляемые к аппроксимирующим геологические поля функциям.

Наличие у любого геологического поля случайной и регулярной составляющих и в большинстве случаев, уровневого строения последней предполагает невозможность точного восстановления описывающей поле функции. Наши знания в силу относительности самих понятий случайной составляющей и уровневого строения всегда относительны, в связи с чем имеет смысл говорить не о точном восстановлении поля, а лишь о его приближенном описании - аппроксимации, соответствующей уровню наших знаний (стадии разведки).

Аппроксимирующие геологические поля функции, должны удовлетворять следующим основным требованиям: однозначности, непрерывности и плавности. Эти требования определяются целесообразностью и необходимостью их графического изображения, даже если они первоначально были заданы аналитически.

Аппроксимирующая геологическое поле функция называется *однозначной*, если она пересекается с перпендикуляром, восстановленным из точки плоскости или линии проецирования сечения поля, один раз. Например, на рис. 3 изображено поперечное сечение скарново-магнетитовой залежи Северопесчанского месторождения. Как видно, ни на одной из обычно применяемых проекций (горизонтальной или вертикальной) невозможно изобразить в изолиниях морфометрические и геохимические поля рудного тела. Для изображения такой залежи в изолиниях свойства требуется либо подобрать иную (наклонную) плоскость проецирования, либо изобразить её по частям.

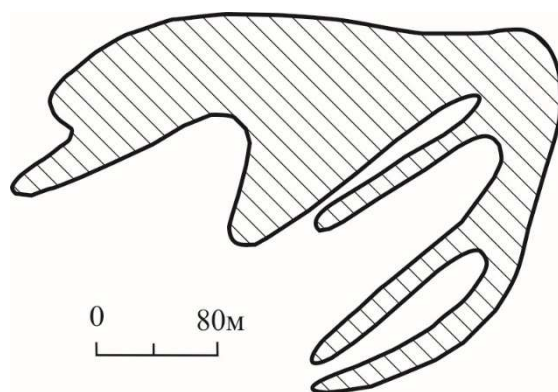


Рис. 3. Форма поперечного сечения рудного тела № 2 Новопесчанского скарново-магнетитового месторождения (по данным Воронцовской ГРП).

Аппроксимирующая геологическое поле функция называется *непрерывной*, если незначительному изменению координат пространства соответствует столь же незначительное изменение значения свойства. Следовательно, в рудных телах сплошность которых нарушена дизъюнктивами более или менее значительной амплитуды, поля морфо-структурных, морфо-

метрических и геохимических свойств прерывисты. Такие поля могут быть описаны поблоч-но кусочно-непрерывными функциями (рис. 4). Причинами нарушений сплошности строения геохимических полей рудных тел могут быть также резкое несоответствие геометрической базы пробы (объема и пространственной ориентировки) текстурно-структурным свойствам руд и наличие включений пустых пород. При несоответствии геометрической базы пробы прерывистость устранима. Решение этой задачи имеет в геологоразведочном деле самостоя-тельное и очень важное значение, так как теснейшим образом связано с оценкой качества минерального сырья (проблема выявления и учета проб с ураганными содержаниями). При наличии включений пустых пород в рудном теле блоки их развития перед геометризацией должны быть оконтурены. Они геометризации не подлежат. Геохимические поля в этих слу-чаях будут непрерывными, если нет дизъюнктивов, но со своеобразными «окнами», соответ-ствующими включениям пустых пород.

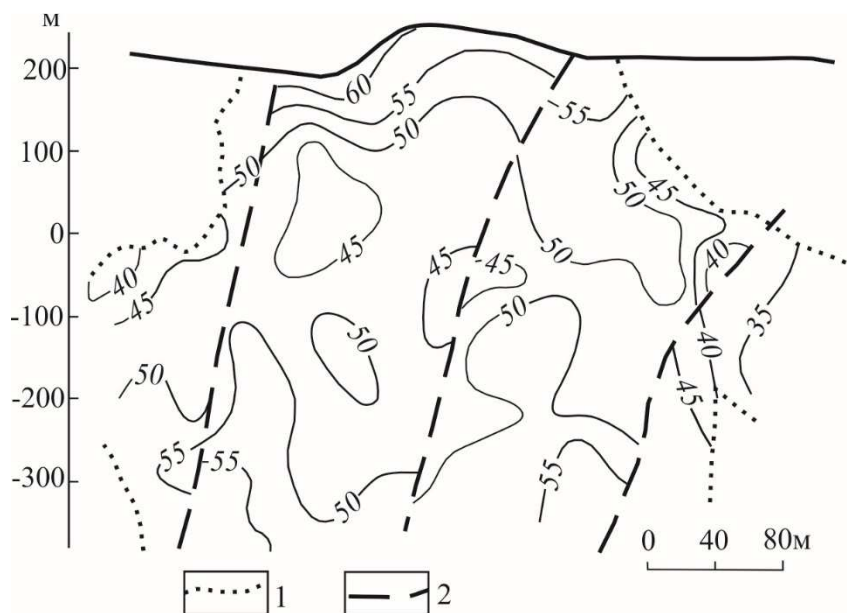


Рис. 4. График двумерной функции, аппроксимирующей распределение железа.

Аппроксимирующая геологическое поле функция называется *плавной*, если она дифференцируема в каждой точке пространства. Для этого необходимо уничтожить влияние случайной составляющей поля, что достигается путем осреднения результатов частных измерений свойств в пространстве объекта исследования на достаточно узких интервалах.

Функции, отвечающие требованиям однозначности, непрерывности и плавности могут быть заданы аналитически и изображены графически. При этом они могут описывать три вида поверхностей [Букринский]: во-первых, поверхности, существующие реально (поверхности кровли и подошвы рудных тел при четких контактах с вмещающими породами); во-вторых поверхности, являющиеся производными реально существующих поверхностей (изменение мощностей рудного тела представляющее собой разность отметок его кровли и подошвы) и, в-третьих, поверхности, которые в природе реально не существуют (геохимические поля рудных тел геофизические поля).

### 1.5. Типизация математических решений геологоразведочных задач

Принимая во внимание содержательное определение понятия геологического поля и учитывая возможность получения для каждой точки изучаемого пространства характеристик различных интересующих нас свойств, можно на основе изложенного произвести типизацию решений геологоразведочных задач. Опыт геометризации свидетельствует, что все многообразие геологических исследований, за исключением диагностических и классификационных



задач, может быть сведено к трем типовым решениям: задачам описания, картирования и изучения пространственных соотношений геологических полей [Мягков, 1982].

*Задача описания поля* включает в себя в качестве необходимых операций регуляризацию измерений и построение аппроксимирующей функции, определение уровенного строения поля, вычисление амплитудных и частотных характеристик аппроксимирующей функций, а также оценку точности аппроксимаций на уровне строения.

Операция регуляризации измерений осуществляется путем осреднения их значений на интервалах, не превышающих удвоенного значения радиуса геометрической автокорреляции, вычисляемого предварительно для трех-пяти взаимно перпендикулярных одномерных сечений плоского поля, изученных с максимально возможной для данной стадии плотностью разведочной сети или опробования:

$R_q = L/(1+2K_q)^{-1}$ , где  $R_q$  - радиус геометрической автокорреляции (м),  $L$  - длина изученного одномерного сечения (м),  $K_q$  - число экстремальных значений аппроксимирующей поле функции на сечении  $L$  (с учетом тенденций ее изменения на границах сечения).

Построение начальной аппроксимирующей поле функций на каждом одномерном сечении осуществляется по данным регуляризации измерений в соответствии с формулой, приведенной при условии четырехкратного последовательного сглаживания по двум точкам:

$$U_j = 0,0625 (U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4U_{i+3} + U_{i+4}),$$

где  $U_j$  - значение регулярной составляющей поля,  $U_i$  - частные значения, полученные в результате измерений или опробования по совокупности пространственно сближенных точек. При этом координаты  $x_j$  определяются либо по аналогичной приведенной зависимости (вместо  $U_i$  в формулу подставляются значения  $x_i$ ), либо по упрощенной формуле:

$x_j = x_i + (j + 1) \Delta x$ , если шаг наблюдений принят в качестве постоянной величины ( $j = i+2\dots$ ).

Сглаживание исходных данных осуществляется путем последовательной подстановки в формулу 1-5, 2-6, 3-7 и т.д. значений измеренного свойства. По результатам сглаживания строится график кривой регрессии  $U = f(x)$ , для которого нисходящие и восходящие ветви кривой на отдельных участках аппроксимации должны быть подтверждены данными не менее, чем трех точек осреднения (регуляризации), включая на интервале максимальное, минимальное значение и, хотя бы, одну промежуточную точку. В ином случае наличие экстремума считается не доказанным.

В соответствии с установленными значениями радиусов геометрической автокорреляции принимается размер "скользящего окна" осреднения для регуляризации измерений на плоскости. Он не должен превышать  $2R_q$ , а шаг осреднения - самого значения  $R_q$ . В этом случае гарантированно будут вскрыты все периоды изменения аппроксимирующей функции, соответствующие достигнутой плотности разведочной сети (опробования) при изучении месторождения.

Определение уровенного строения поля осуществляется в нисходящем порядке путем последовательного осреднения данных на интервалах, равных  $4R_q$  для самого высокочастотного уровня изменчивости регулярной компоненты поля. Для установленного более низкочастотного уровня снова определяется радиус геометрической автокорреляции с помощью которого аналогично можно выделить последующий еще более низкочастотный уровень и т.д., до тех пор, пока  $4R_q$  не станет равным размерам объекта изучения (сечения). В этом случае осреднением данные будут равны среднему значению изучаемого свойства ( $\bar{U}$ ). Если принять уровень среднего в качестве нулевого уровня изменчивости регулярной компоненты поля ( $q_0$ ), то относительно его все последующие уровни целесообразно нумеровать в восходящем порядке; первый ( $q_1$ ), второй ( $q_2$ ), третий ( $q_3$ ), и т.д. (рис. 2).

Оценка частотной характеристики поля для каждого из уровней ( $v_q$ ) его строения определяется как величина кратная периоду его изменения:

$$v_q = (4R_q)^{-1}.$$

Чем больше эта величина, тем меньше частота изменения аппроксимирующей функции на данном уровне изменчивости поля.

Амплитудная характеристика поля определяется для каждого из установленных уровней его строения. В качестве оценки принимается среднеквадратическая амплитуда, которая вычисляется относительно нулевого уровня:

$$A_q = [n^{-1} \times \sum (U_{j,q} - \bar{U})^2]^{0.5},$$

где  $U_{j,q}$  – значение регулярной составляющей уровня  $q$ ,  $n$  – число учитываемых разностей (уменьшается при переходе от уровня к уровню).

Одновременно вычисляется оценка среднеквадратического отклонения измеренных значений от аппроксимирующей функции  $f_q(x)$  на данном уровне (остаточная дисперсия):

$$\sigma_q^2 = n^{-1} \times \sum (U_i - U_{j,q})^2.$$

Оценкой погрешности аппроксимации будет служить величина  $\Delta q$ :

$$\Delta q = 2 \sigma_q n^{-0.5}.$$

Характеристики  $\bar{U}$ ,  $v_q$ ,  $A_q$ ,  $\sigma_q^2$ ,  $R_q$ ,  $\Delta q$  исчерпывающе описывают поле на каждом уровне его строения. При этом следует иметь в виду, что для нулевого уровня строения поля, когда  $f_0(x) = \bar{U}$  (постоянная величина) оценки  $v_q$  и  $A_q$  теряют физический смысл, а  $\sigma_q^2$  равна среднеквадратическому отклонению:

$$\sigma_u = [n^{-1} \sum (U_j - \bar{U})^2]^{0.5}.$$

Аналогично такие же характеристик могут быть рассчитаны для плоского поля как средние, вычисленные по совокупности его одномерных сечений.

*Задача картирования поля* заключается в выделении на каждом поле, во-первых, главных структурных элементов и, во-вторых, участков с интересующими нас свойствами. Решение первой половины задачи обычно осуществляется путем расчленения поля на части, резко отличающиеся либо строением самого поля, либо плотностью сети наблюдений, либо особенностями геологического строения, как руд, так и вмещающих пород. Эта половина задачи, по существу, является логическим продолжением и завершением задачи описания поля.

Вторая половина задачи картирования поля является самостоятельным исследованием. Отличительная особенность его состоит в том, что для оконтуривания в геологическом поле области с интересующими нас свойствами требуется привлечь новую ограничительную функцию и решить систему уравнений:  $U = f(x, y)$  и  $U = \psi(x, y)$ , где  $f(x, y)$  – аппроксимирующая поле функция,  $\psi(x, y)$  – ограничительная функция.

Оконтуривание области устойчивого отличия  $f(x, y)$  от  $\psi(x, y)$  производится по разности аппроксимирующей и ограничительной функции. Ее граница определяется как геометрическое место точек, на котором  $f(x, y) - \psi(x, y) = 0$ . При этом ограничительная функция принимается в соответствии с содержательными условиями решения задачи картирования поля. Так, при геохимических поисках она представляет собой постоянную, равную минимальному аномальному значению содержания химического элемента, определяемую в соответствии с инструкцией по проведению геохимических поисковых работ; при оконтуривании рудных тел и их технологическом картировании – также постоянные, принимаемые согласно требованиям промышленности к качеству минерального сырья.

*Задача изучения пространственных соотношений полей* представляет собой исследование закономерностей их соотносительных изменений как результата естественных геологических процессов или экспериментальных работ. Принципиально возможно существование трех граничных типов пространственных соотношений полей различных свойств в объекте исследования [Мягков, 1982]: конкордантного, когда сопоставляемые поля изменяются в пространстве как положительно согласованные (синфазно); антикордантного, когда их согласованность – отрицательная, и дискордантного, когда их относительное изменение в пространстве незаконномерное (рис. 6).

Тип соотношения	Пространственная модель	Корреляционная модель
Конкордантный		
Антикордантный		
Дискордантный		

Рис. 6. Типы пространственных соотношений геологических полей и соответствующие им корреляционные модели.

А – прямая зависимость, Б – обратная зависимость, В – отсутствие зависимости.

В качестве оценки пространственной согласованности полей принимается среднее значение косинуса угла между градиентами аппроксимирующих поля функций:

$$\text{Cos}\varphi = \frac{\sum \text{cos}\varphi_j}{n},$$

где  $\text{cos}\varphi_j$  – частные значения косинусов углов в точках измерений на поле,  $n$  – число точек измерения углов (располагаются равномерно на плоскости проецирования поля,  $n \geq 20$ ). При этом, если  $\text{cos}\varphi$  больше  $+0,20$ , то соотношение полей считается конкордантным, при его значениях меньших  $-0,20$  – антикордантным, а при значениях меньших по модулю  $0,20$  – дискордантным.

Эта пространственная по своей сущности задача при условии равномерно изучения геологических полей объекта в одних и тех же точках пространства и линейности их соотношений может быть сведена к математико-статистической задаче расчета оценки коэффициента корреляции.

Аналогично могут быть получены корреляционные оценки для анти- и дискордантных пространственных соотношений геологических полей, но они будут отличаться знаком и модулем: для антикордантных соотношений зависимость будет обратной, для дискордантных она будет отсутствовать.

В практике применения достижений теории корреляции для решения геологоразведочных задач обычно ограничиваются расчетом оценок коэффициентов корреляции, уравнений простой и среднеекватрической регрессии и уравнения эллипса рассеяния. При этом используется следующие формулы: для расчета оценок коэффициентов корреляции:

$$r = \frac{(n^{-1} \sum U_i V_i) - \bar{U} \times \bar{V}}{[\delta_U \times \delta_V]^{-1}};$$

для расчета уравнений простой среднеекватрической регрессии:

$$U = r \times \delta_U (\delta_V^{-1}) (V - \bar{V}) + \bar{U};$$

для расчета уравнений ортогональной среднеекватрической регрессии:

$$U = \beta (V - \bar{V}) + \bar{U},$$

$$\beta = \text{tg}\theta,$$

$$\operatorname{tg}2\theta = 2r \delta_U \delta_V (\delta_V^2 - \delta_U^2)^{-1};$$

для расчета эллипса рассеяния:

$$\frac{1}{1-r_2} \left\{ \left( \frac{U - \bar{U}}{\sigma_U} \right)^2 + \left( \frac{V - \bar{V}}{\sigma_V} \right)^2 - 2r \left( \frac{U - \bar{U}}{\sigma_U} \right) \left( \frac{V - \bar{V}}{\sigma_V} \right) \right\} = 6,0516,$$

где:  $r$  - оценка коэффициента корреляции,  $U_i, V_i$  - измеренные частные значения коррелируемых переменных,  $\bar{U}, \bar{V}$  - средние значения переменных,  $U, V$  - текущие значения переменных в уравнениях,  $\delta_U, \delta_V$  - среднеквадратические отклонения,  $\theta$  - угол, образуемый пересечением прямой регрессии с осью переменной - аргумента.

Как видно, в процессе геометро-статистических обобщений результатов геологоразведочных работ, возможно получить ряд характеристик свойств объектов изучения в виде различных параметров, функций и их графических изображений. Естественно, геологическая интерпретация результатов исследования в каждом конкретном случае будет определяться содержательной сущностью самих решаемых задач. Важно в этом отношении то, что единый методологический подход к их решению на основе выполненной типизации создает благоприятные условия для унификации способов самих решений и обеспечивает, во-первых, быстрое овладение методами обобщения геологоразведочных данных, во-вторых, оперативность обработки информации и, в-третьих, возможность увязки и, следовательно, взаимной контролируемости результатов исследований в области прикладной и генетической геологии.

## **2. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ**

### **2.1. Изучение закономерностей распределения компонентов в залежах полезных ископаемых**

Изучению закономерностей распределения компонентов руд в залежах месторождений полезных ископаемых придается исключительно важное значение. Для решения этого вопроса необходимо иметь результаты опробования руд, которые должны более или менее равномерно характеризовать изучаемые объемы, площади или пересечения тел полезных ископаемых. Очень важно, чтобы плотность наблюдений соответствовала подлежащему изучению уровню строения геохимического поля (определяется целями и задачами исследований), а их система - ориентировке структуры поля, так как она (система) сама по себе в состоянии конструировать наши представления о строении объекта исследования.

На рис. 12А приведен график двумерной функции, описывающей структуру пространственного изменения содержаний  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  в пегматитовой жиле: общее увеличение содержаний с глубиной и обогащение флангов рудного тела, хорошо согласующегося с установленной при геологической документации горных выработок минералогической зональностью строения жилы и стадийностью процесса концентрации металла. В строении жилы выделяются нефелин-полевошпатовое ядро, обрамленное альбитовой оболочкой, являющейся основным носителем пироклора.

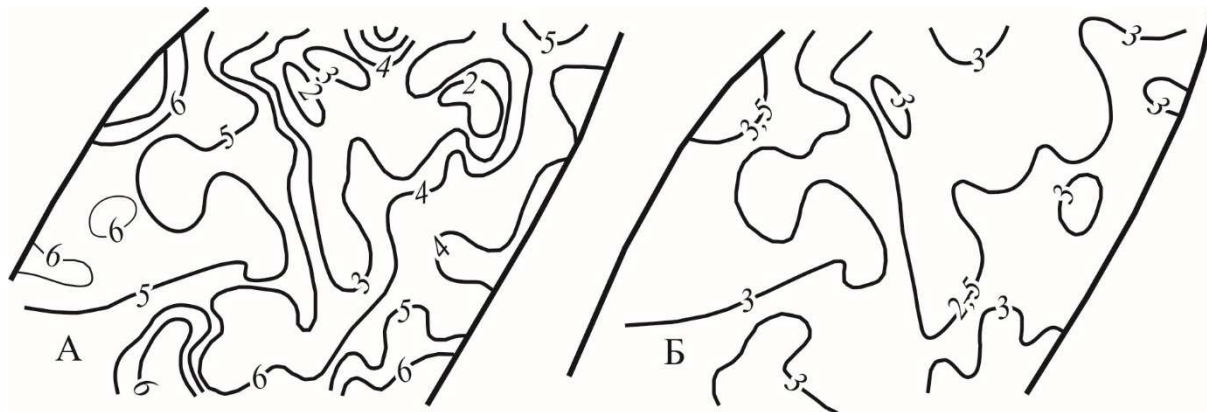


Рис. 12. Геохимические поля  $Nb_2O_5$  (А) и  $ZrO_2$  (Б)

Подобные графики, естественно, могут быть построены не для всех компонентов руд, потому что при опробовании минерального сырья широко применяются сокращенные анализы. Например, на месторождениях золота кварц-пиритовой формации определяются содержания только основного металла; на месторождениях полиметаллов – свинца, меди, цинка и т.п. для этих компонентов руд, определяющих основную промышленную ценность полезного ископаемого, оценки содержаний производятся во всех рядовых пробах. Однако в рудах наряду с главными компонентами содержатся полезные примеси, вредные примеси и шлакообразующие окислы, знание пространственных закономерностей распределения которых важно для решения горно-экономических, технологических и генетических задач. Поскольку содержания неглавных компонентов руд обычно оцениваются эпизодически по анализам групповых проб, то закономерности их пространственного распределения не могут быть изучены методом геометризации. Но они могут быть оценены косвенно, если известны функции, аппроксимирующие геохимические поля главных компонентов –  $U=f(x,y)$  и установлены достаточно тесные корреляционные связи их ( $|r| > 0,5$ ) с неглавными компонентами (V), путем пересчета изолиний графиков функций главных компонентов по уравнениям простой среднеквадратической регрессии. Так, для примера рис. 12А установлена по данным анализам групповых проб корреляционная зависимости между содержаниями  $Nb_2O_5$  и  $ZrO_2$  ( $ZrO_2=0,20 Nb_2O_5+0,03$ ,  $r=+0,57$ ,  $n=57$ ), которая позволяет трансформировать график функции  $Nb_2O_5=f(x,y)$  в график функции  $ZrO_2=f(x,y)$ . Результаты трансформации представлены на рис. 12Б. Как видно, при этом структура новой функции не изменилась, потому что пространственное соотношение геохимических полей  $Nb_2O_5$  и  $ZrO_2$  конкордантно.

Выявление корреляционных связей между содержаниями компонентов руд, то есть оценку пространственной согласованности геохимических полей рудных тел при изучении закономерностей их внутреннего строения, следует всегда считать довольно актуальной задачей. Установленные корреляционные зависимости позволяют сокращать объемы химико-аналитических исследований, шире внедрять ядерно-физические способы опробования, уточнять наши генетические представления.

Тенденция развития горного производства такова, что в разработку вовлекается все более и более бедные руды, которые перед металлургическим переделом нуждаются в глубоком обогащении. Обогащаемость руд зависит от многих переменных: размеров рудных обособлений, текстурно-структурных особенностей строения, состава минеральных ассоциаций и минеральных форм нахождения рудных компонентов, а их пространственное сочетание дает все многообразие технологических сортов руд, присущих объекту разработки. Но, так как каждый технологический сорт руды отличается, прежде всего, параметрами режима обогащения, то вопрос технологического картирования залежей полезных ископаемых приобретает все более и более важное значение.

Идеальным вариантом такого картирования было бы построение по данным опробования графиков функций, описывающих изменение технологических характеристик режимов обогащения в пространстве рудных тел. В этом случае задача технологического картирова-

ния не отличалась бы от описанной задачи изучения закономерностей распределения компонентов в рудном теле. Она сводилась бы к вынесению данных оценок технологических характеристик по пробам на проекцию рудного тела, регуляризации результатов частных измерений, проведению путем интерполяции изолиний технологического свойства и выделению по условиям решения задачи технологически однородных блоков. Однако, такое решение не всегда возможно потому что технологическое опробование, как правило, является фрагментарным. В этом случае также весьма полезно изучать корреляционные связи между содержаниями главных компонентов и технологическими показателями обогащения и прогнозировать обогатимость руд с помощью вычисленных уравнений регрессий.

## 2.2. Оценка качества минерального сырья в недрах

Оценка качества минерального сырья в недрах является одной из главных задач геологического обеспечения планирования добычных работ. Фактической основой для ее решения служат результаты химического опробования руд и вмещающих пород. По этим данным в практике геологоразведочных работ и на рудниках рассчитывается два вида средних: среднеарифметическое значение -  $\bar{C} = n^{-1} \cdot \sum C_i$  и средневзвешенное значение -  $\tilde{C} = (\sum \Delta x_i)^{-1} \cdot (\sum C_i \Delta x_i)$  (линейный вариант), где  $C_i$  – содержание компонента в  $i$ -ой пробе,  $n$  – число проб,  $\Delta x_i$  – область влияния пробы (шаг опробования).

Формула арифметического среднего значения соответствует вероятностно-статистической модели. Она выведена при условии статистической устойчивости частных значений совокупности переменных и утверждении, что на интервале  $C_{\min} \div C_{\max}$  в пространстве признака ( $C$ ) существует точка с координатой  $\bar{C}$ , сумма квадратов отклонений от которой минимальна:  $\sum (C_i - \bar{C})^2 = \min$ . Тогда, если приравнять частную производную этого выражения к нулю:

$$\frac{\partial}{\partial \bar{C}} (\sum C_i^2 - 2\bar{C} \sum C_i + n\bar{C}^2) = -2 \sum C_i + n\bar{C} = 0, \text{ то } \bar{C} = n^{-1} \sum C_i.$$

Формула взвешенного среднего значения соответствует геометро-статистической модели объекта исследования. Она представляет собой численный вариант интегрального среднего:

$$\tilde{C} = (\sum \Delta x_i)^{-1} \cdot (\sum C_i \Delta x_i) = (x_2 - x_1)^{-1} \cdot \sum f(x_i) \Delta x_i + (x_2 - x_1)^{-1} \cdot \sum \delta_i x_i - (x_2 - x_1)^{-1} \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \text{ при } \Delta x_i \rightarrow 0,$$

потому что при этом условии

$$n = \Delta x^{-1} (x_2 - x_1) \rightarrow \infty, \text{ а } (x_2 - x_1)^{-1} \cdot \delta_i \Delta x_i \rightarrow 0.$$

В отличие от среднеарифметического интегральное среднее представляет собой ординату прямоугольника, построенного на интервале определения функции, площадь которого равновелика  $\int f(x) dx$ . Но так как геометро-статистическая модель обладает отмеченными преимуществами относительно вероятностно-статистической модели, то предпочтение всегда должно отдаваться расчету средневзвешенной оценки, которая в общем случае не равна среднеарифметическому значению. Однако обе формулы дают один и тот же результат, если  $\Delta x = \text{const}$ :

$\tilde{C} = (\sum \Delta x_i)^{-1} \cdot (\sum C_i \Delta x_i) = n^{-1} \sum C_i$ . В этом случае говорят, что пространственная задача сводится к задаче статистической.

Точность и надежность оценки взвешенного среднего значения определяется погрешностью аппроксимации. Например, для данных рис. 14 (10 метод) она равна  $\pm 2,6$  г/т, т.е. около 11% (относительных). Эта погрешность зависит от регулярной составляющей поля и числа проб. Так, для того же примера на участках штрека, где  $C_j > \tilde{C}$   $\Delta C_q = 4,5$  г/т ( $n=37$ ), а на участках, где  $C_j < \tilde{C}$   $\Delta C_q = 2,8$  г/т ( $n=40$ ). Обычно, чем больше значение регулярной составляющей, тем больше по модулю  $\Delta C_q$  – обстоятельство, которое до сих пор слабо учитывается при всех оценках качества минерального сырья.

Зависимость  $\Delta C_q$  от числа проб очевидна: чем больше  $n$ , тем меньше  $\Delta C_q$ . Число проб связано с длиной интервала опробования (или площадью блока). При уменьшении интервала до размеров шага опробования  $\Delta C_q = (C_i - C_{j,q})$ . Отсюда следует, что одна проба при оценке качества руд ничего не представляет, кроме содержания, в том элементарном объеме, из которого она отобрана. Представительной является совокупность проб, размещенных в определенном порядке на объекте исследования (система опробования или разведки). Поскольку размеры блоков (интервалов) оценивания качества руд в процессе разведки последовательно уменьшаются, то естественно стремление повышать плотность опробования (разведочной сети). Обычно увеличение плотности опробования по стадиям разведки кратно двум и резко увеличивается при переходе к эксплуатационному опробованию, благодаря чему надежность оценки средних содержаний возрастает. Но так как плотность опробования всегда принимается в экономически целесообразных пределах, то, при прочих равных условиях, оценка качества минерального сырья для укрупненных блоков будет всегда точнее, чем для мелких. Причина этого кроется в том, что погрешность аппроксимации определяется главным образом случайной составляющей поля, среднее значение которой с увеличением числа проб стремится к нулю. При расчете  $\bar{C}$  по конечному числу проб влияние случайной составляющей полностью не компенсируется. Как следствие, в оценке среднего всегда присутствует какая-то доля случайной составляющей и тем большая, чем меньше  $n$ .

Все сказанное справедливо не только для линейного варианта решения задачи, но и в условиях оценки качества минерального сырья, для плоских сечений (проекции) и трехмерных блоков рудных тел, в том числе эксплуатационных блоков. При этом вначале рассчитываются средневзвешенные оценки для секущих выработок, пройденных в направлении лежащий-висячий бок, затем – по сечению рудного тела, где взвешивание производится на расстояние между выработками, и, наконец, – по объему – на расстояния между сечениями.

Описанная схема расчета неприменима, если сечение рудного тела вскрыто веером скважин, на котором плотность опробования закономерно увеличивается от периферии к центру заложения веера. Следовательно, при расчете среднего любая закономерность, имеющая место в распределении компонента на сечении, будет влиять на объективность оценки качества сырья за счет изменения плотности опробования: например, среднее качество руд на сечении будет всегда завышаться, если обогащенными окажутся участки, прилегающие к центру заложения веера, и, наоборот, - заниженная, если будет обогащена периферия залежи. Расчет средневзвешенной оценки в этом случае должен быть выполнен для скважины:

$\bar{C}_j = (n)^{-2} \cdot \sum C_i (2n_i - 1)$ , а затем для сечения в целом:  $\bar{C} = (\sum_1^N S_j)^{-1} \cdot \sum_1^N S_j C_j$ , где  $C_i$  – содержание в  $i$ -ой пробе,  $n_i$  – ее порядковый номер, считая от центра веера,  $n$  – число проб по скважине,  $N$  – число скважин,  $S_j$  – площадь сектора, ограниченная биссектрисами углов между направлениями соседних скважин  $S_j = 0,5 l_j^2 \cdot \alpha_j$ ,  $l_j$  – длина скважины,  $\alpha_j$  – угол между биссектрисами, в радианах, который для скважин, ограничивающих веер, принимается равным половине углов  $\alpha_j$  и  $\alpha_N$ ).

Кроме числа и геометрии размещения проб на объекте исследования, оценка среднего качества руд в блоке зависит также от наличия в их совокупности членов с резко выдающимися значениями случайной составляющей поля:  $\delta_i = C_i - C_j$ . В общем случае они могут быть как положительными, так и отрицательными, но особый интерес для практики оценки качества минерального сырья представляют положительные выдающиеся отклонения, называемые ураганными содержаниями, когда  $C_i \gg C_j$ . Несвоевременное выявление и учет этих содержаний оказывает сильное завышающее влияние на оценки как среднего значения, так и, в особенности, погрешности аппроксимации.

При подсчете запасов очень важным является выявление проб с ураганным значением. Для решения этой задачи предложено несколько десятков способов. Характерным для этих определений, за исключением способа, описанного Д. И. Коганом и известного под названием способа ГКЗ, является разработка решающих правил ограничения их влияния без учета уровня минерализации тех локальных участков (блоков) рудных тел, в которых они встречены. Недостатком способа ГКЗ является отсутствие строгого аналитического решения задачи.

Отмеченный недостаток может быть устранен, если воспользоваться методическим приемом статистической автокорреляции регулярных составляющих, вычисленных по интерполяционному полиному:  $U_j = 0,0625 (U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4U_{i+3} + U_{i+4})$ , поскольку очевидно, что, по крайней мере, два соседних члена  $U_j$  и  $U_{j+1}$  будут зависимыми. Если это, то на корреляционном графике, построенном в координатах  $U_j$  и  $U_{j+1}$ , все точки должны группироваться вдоль прямой, проведенной под углом  $45^\circ$  к координатным осям, в соответствии с амплитудой и периодичностью изменения регулярной составляющей и симметричностью ее отклонений от теоретической корреляционной модели, так как  $(j+1)$ -ый член для следующей пары коррелируемых измерений станет  $j$ -тым членом. Отклонение от теоретической прямой и, как следствие, введение в рассмотрение именно корреляционной, а не функциональной зависимости обусловлено тем, что периодичность изменений регулярной составляющей не совсем правильная, а описывающая ее кривая регрессия является лишь аппроксимацией, не свободной от влияния случайной составляющей:  $S_j \sim f(x)$ .

### 2.3. Морфометрический анализ рудных тел пласто- и линзообразных форм

Трактовка генезиса руд месторождений, тела полезных ископаемых которых имеют пласто- или линзообразные формы и залегают согласно с вмещающими породами, во многих случаях не является однозначной. Так, предметом научных дискуссий служит происхождение руд месторождений колчеданной формации. При этом морфометрические характеристики рудных тел, залегающих в стратифицированных вулканогенных комплексах, вообще не анализируются, хотя их формы, с одной стороны, являются основанием для принятия гипотезы вулканогенно-осадочного генезиса минерального сырья, а, с другой -, заставляют изоцироваться сторонников метасоматического образования руд при объяснении их происхождения.

Морфометрический анализ является составной частью морфологии рудных тел, т.е. отрасли геологии полезных ископаемых, обязанной по предложению Д.А. Зенкова, заниматься описанием форм залежей минерального сырья, изучением закономерностей изменения и соотношения их морфометрических характеристик, а также выяснение происхождения этих форм. Сущность морфометрического анализа заключается: во-первых, в разработке в соответствии с принятой генетической концепцией теоретических моделей корреляционных зависимостей, описывающих пространственные изменения и соотношения морфометрических характеристик рудных тел – абсолютных отметок кровли  $h_k$  и подошвы  $h_n$ , а также мощностей  $m$ ; во-вторых, в построении по геологоразведочным данным графиков аппроксимирующих морфометрические поля функций и их корреляционные зависимости -  $h_k=f(x,y)$ ,  $h_n=f(x,y)$ ,  $m=f(x,y)$ ,  $h_k=f(h_n)$ ,  $m=f(h_n)$ ; в-третьих, в сравнении результатов исследований с теоретическими моделями и геологической интерпретации этих сравнений.

Для рудных тел пласто- и линзообразных форм теоретические модели корреляционных зависимостей морфометрических параметров удобно разрабатывать применительно к осадочному процессу. Это определяется тем, что его основные закономерности достаточно хорошо изучены: известен фактор осадкоосаждения, установлено влияние рельефа депрессий аккумуляции на мощность формирующегося осадка, выявлены условия образования основных форм рудных тел в зависимости от рельефа и размеров депрессий аккумуляции и, наконец, охарактеризованы различия в структурах поверхностей, ограничивающих сверху и снизу рудные тела. Поэтому с учетом наличия у поля свойства случайной составляющей между морфометрическими характеристиками залежей осадочного генезиса должны иметь место следующие основные корреляционные зависимости: для рудных тел пластообразной формы, у которых пространственные соотношения поверхностей кровли и подошвы конкордантны,  $h_k=f(h_n)$ , а  $m \neq f(h_n)$ ; для линзообразных тел, поверхности кровли и подошвы которых залегают относительно друг друга дискордантно, аналогичные зависимости будут обратными -  $h_k \neq f(h_n)$ , а  $m = f(h_n)$ , что отражено на принципиальных схемах рис. 13).



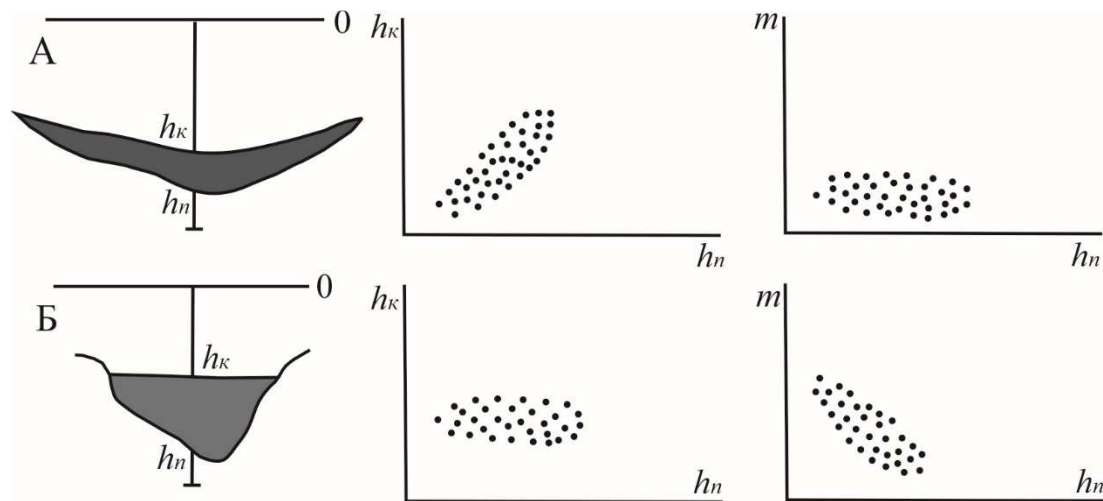


Рис. 13. Принципиальные модели корреляционных зависимостей морфометрических параметров для рудных тел пластообразной (А) и линзообразной (Б) форм.

Геологическая интерпретация результатов морфометрических исследований для конкретных объектов разведки состоит в сопоставлении реальных зависимостей с теоретическими моделями. При соответствии реальных зависимостей одной из теоретических моделей имеются весьма серьезные основания утверждать, что образование рудного тела не противоречит гипотезе осадочного происхождения. Однако если такое соответствие отсутствует, то альтернативное утверждение будет справедливо лишь при условии, что это несоответствие не является следствием особенностей строения рельефа депрессии аккумуляции или влияния пострудной тектоники.

Особенности рельефа депрессии аккумуляции приходится учитывать, когда в его строении чередуются резко выраженные западины с относительно слабо переуглубленными участками. При заполнении такой депрессии образуется пластообразная залежь, усложненная снизу линзообразными выступами, пространственные соотношения между морфометрическими параметрами которой будут описываться комбинацией корреляционных зависимостей, свойственных для рудных тел простых форм.

Тектоническая нарушенность сплошности и падения рудных тел также требует вносить коррективы в исходные теоретические модели. При этом, если изменение углов падения рудных тел влечет за собой лишь поворот линий регрессий относительно осей координат, то их дизъюнктивная нарушенность – разрыв структур корреляционных полей. Как следствие, каждый тектонический блок в поле корреляции морфометрических параметров обособляется и описывается специфическими зависимостями, кратчайшие расстояния между аппроксимирующими прямыми которых соответствуют амплитудам относительного перемещения блоков.

Влияние пликативной составляющей для осадочных рудных тел может быть исключено, если за начало отсчета измерений морфометрических параметров брать на абсолютные, а относительные отметки: относительно какого-либо осадочного маркирующего горизонта, залегающего в кровле вмещающего рудное тело пород, или, что значительно хуже, относительно осредняющей плоскости, проведенной параллельно кровле рудного тела. Пересчет параметров полезно осуществлять особенно в тех случаях, когда изменения углов падения сочетаются с усложнениями форм залежей. Они в совокупности дают суммарный эффект, схожий с влиянием пострудных дизъюнктивов. Кроме того, выявление дизъюнктивов само по себе имеет важное практическое значение, поскольку они влияют на квалификацию запасов минерального сырья и оценку горнотехнических условий разработки месторождений.

На рисунке 14 приведены результаты морфометрического анализа по второму у рудному телу Талнахского месторождения, выполненному по данным Поляковской ГРП. Второе рудное тело вскрыто скважинами в слепом залегании, падение кровли залежи пологое (3-10°) восточное. Руда преимущественно вкрапленная, медноцинковая. Контакты с вмещающими

породами нечеткие. Судя по результатам геометризации, рудное тело представляет собой по форме пластообразную залежь, осложненную в центральной части линзой. Для пластообразной части характерно наличие зависимости  $h_k=f(h_n)$  и ее отсутствие между  $m$  и  $h_n$ . Для линзообразной части эти отношения обратные. Следовательно, относительно формы образования. Второго рудного тела месторождения не противоречит гипотезе вулканогенно-осадочного генезиса.

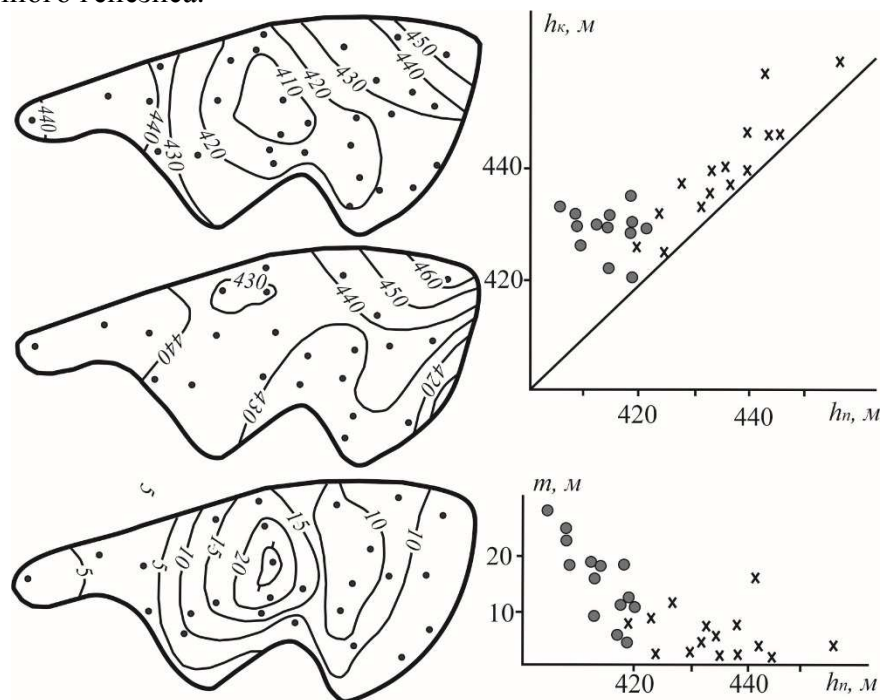


Рис. 14. Строение морфометрических полей рудного тела и корреляционные соотношения их параметров: А – кровля, Б – подошва, В - мощность

### Контрольные вопросы по дисциплине «Геометризация и анализ геологических полей»

1. Понятие о геологическом поле, свойства геологического поля.
2. Геометро-статистическая модель, отличие от вероятностно-статистической модели.
3. Геометризация как метод изучения земных недр.
4. Способы задания аппроксимирующих геологические поля функций
5. Регулярная компонента геологического поля, ее свойства.
6. Уровневое строение геологического поля (пример).
7. Случайная компонента геологического поля, ее свойства.
8. Математические действия с заданными графическими функциями.
9. Требования к графически заданным функциям.
10. Решение задачи описания геологического поля на основе геометро-статистической модели.
11. Задача картирования поля и ее решение на основе геометро-статистической модели.
12. Изучение пространственного соотношения полей. Основные типы граничных пространственных соотношений полей.
13. Количественная мера оценки пространственной согласованности полей.
14. Морфометрический анализ рудных тел линзо- и пластообразной формы.
15. Парагенетический анализ. Понятие о соотношении гетерогенных полей. Явление компенсации корреляционной зависимости.
16. Зональное строение рудных тел и соотношение гетерогенных геохимических полей.

17. Полигенерационность состава руд. Решение вопроса полигенерационности руд.
18. Статистическая проверка гипотез о наличии тренда (способ «скачков» и способ «смены знака»).
19. Основные способы сглаживания исходных данных.
20. Методика выявления и ограничения проб с ураганными значениями.
21. Обработка данных сопряженных наблюдений при контроле отбора и анализа проб.

#### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Букринский В.А. Вопросы геометризации физико-технических и горно-геологических показателей месторождения для моделирования на ПВМ. М.: изд. МГИ, 1966.
2. Каллистов П.Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании. – Сов. Геология, 1956, сб. 53.
3. Мягков В.Ф. Геометризация и анализ геологических полей месторождений полезных ископаемых. Изв. ВУЗов. Горный журнал, 1982., № 10.
4. Соболевский П.К. Современная горная геометрия. – Социалистическая наука и реконструкция, 1932, № 7.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Протокол учебно-методическому  
комитету  
С.А. Упоров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### ФТД.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

Одобрены на заседании кафедры

Управления персоналом

(название кафедры)

Зав.кафедрой

*Ветош*

(подпись)

Ветошкина Т.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель

*Бондарев*

(подпись)

Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ.....	8
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....	12
ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ.....	13
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	28

## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;
2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине *«Технологии интеллектуального труда»* обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *«Технологии интеллектуального труда»* являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.



## **ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.**

Информационные технологии  
Универсальный дизайн  
Адаптивные технологии

### **Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)**

Брайлевский дисплей  
Брайлевский принтер  
Телевизионное увеличивающее устройство  
Читающая машина  
Экранные лупы  
Синтезаторы речи  
Ассистивные тифлотехнические средства  
Ассистивные сурдотехнические средства  
Адаптированная компьютерная техника  
Ассистивные технические средства

### **Тема 3. Дистанционные образовательные технологии**

Дистанционные образовательные технологии  
Информационные объекты

### **Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества**

Система образования  
Образовательная среда вуза  
Интеллектуальный труд  
Интеллектуальный ресурс  
Интеллектуальный продукт

### **Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности**

Личностный компонент  
Мотивационно-потребностный компонент  
Интеллектуальный компонент  
Организационно-деятельностный компонент  
Гигиенический компонент  
Эстетический компонент  
Общеучебные умения  
Саморегуляция

**Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.**

Самообразование

Самостоятельная работа студентов

Технологии интеллектуальной работы

Технологии групповых обсуждений

**Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов**

Традиционные источники информации

Технологии работы с текстами

Технологии поиска, фиксирования, переработки информации

Справочно-поисковый аппарат книги

Техника быстрого чтения

Реферирование

Редактирование

Технология конспектирования

Методы и приемы скоростного конспектирования

**Тема 8. Организация научно-исследовательской работы**

Доклад

Реферат

Курсовая работа

Выпускная квалификационная работа

Техника подготовки работы

Методика работы над содержанием Презентация

**Тема 9. Тайм-менеджмент**

Время

Планирования времени

Приемы оптимизации распределения времени

## САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным;
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

- все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьезный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

- просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении

конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование – наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

## ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их требуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.



## ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

**1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.**

### Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.

37. Обдумывает свои дела и поступки.
38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.

81. Повторяет одни и те же ошибки.
82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.

125. Неудачи быстро сбивают с толку.
126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

### Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

## Бланк для ответов

ФИ \_\_\_\_\_  
 Пол \_\_\_\_\_ Возраст (дата рождения) \_\_\_\_\_ Гр. \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

### Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

№			S		№	
1	1			23	67	
	2				68	
	3				69	
2	4			24	70	
	5				71	
	6				72	
3	7			25	73	
	8				74	
	9				75	
4	10			26	76	
	11				77	
	12				78	
5	13			27	79	
	14				80	
	15				81	
6	16			28	82	
	17				83	
	18				84	
7	19			29	85	
	20				86	
	21				87	
8	22			30	88	
	23				89	
	24				90	
9	25			31	91	
	26				92	
	27				93	

S

10	28		32	94	
	29			95	
	30			96	
11	31		33	97	
	32			98	
	33			99	
12	34		34	100	
	35			101	
	36			102	
13	37		35	103	
	38			104	
	39			105	
14	40		36	106	
	41			107	
	42			108	
15	43		37	109	
	44			ΠΟ	
	45			111	
16	46		38	112	
	47			113	
	48			114	
17	49		39	115	
	50			116	
	51			117	
18	52		40	118	
	53			119	
	54			120	
19	55		41	121	
	56			122	
	57			123	
20	58		42	124	
	59			125	
	60			126	

21	61		43	127	
	62			128	
	63			129	
22	64		44	130	
	65			131	
	66			132	

#### Качественные характеристики саморегуляции

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
1	Целеполагание	За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет.	23	Неустойчивость целей	Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается.
2	Моделирование условий	Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное.	24	Отсутствие анализа условий	Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности.
3	Программирование действий	Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи.	25	Спонтанность действий	Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач.
4	Оценивание результатов	Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает свои ошибки.	26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей работе.
5	Коррекция результатов и способов действий	Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки.	27	Повторные ошибки	С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки.
6	Обеспеченность регуляции в целом	Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помощи.	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		щи.			
7	Упорядоченность деятельности	Любит порядок. Аккуратен и последователен.	29	Непоследовательность	Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, не последователен и неаккуратен.
8	Детализация регуляции действий	Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.	30	Поверхностность	Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
9	Осторожность в действиях	Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска.	31	Необдуманность, рискованность	Приступает к делу без подготовки. Сначала делает, потом подумает.
10	Уверенность в действиях	Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив.	32	Неуверенность в своих силах	Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен.
11	Инициативен в действиях.	Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий.	33	Нерешительность	Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый.
12	Практическая реализуемость намерений	Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца.	34	Незавершенность дел	Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
13	Осознанность действий	Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи.	35	Действия наобум	Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил.
14	Критичность в делах и поступках	Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям.	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.



№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
15	Ориентированность на оценочный балл	Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка.	37	Попустительство	Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки.
16	Ответственность в делах и поступках	Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы.	38	Безответственность в делах	Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца.
17	Автономность	Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями.	39	Зависимость в действиях	Всегда надеется на друзей, на их помощь.
18	Гибкость, пластичность в действиях	Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях.	40	Инертность в работе	Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую.
19	Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий	Аккуратен. Внимателен. Усидчив.	41	«Плохиш»	Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив.
20	Практичность, устойчивость в регуляции действий	Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах.	42	Равнодушие к ошибкам, неудачам	Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам.
21	Оптимальность (адекватность) регуляции усилий	Взвешивает все «за» и «против». Умеет мобилизовать усилия.	43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.	44	Самодостаточность	Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям.

*Задание:* На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

## **2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.**

### Методические указания

**АННОТАЦИЯ** (от лат. *annotatio* - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

#### 1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается...; Статья посвящена...; В статье даются...; Автор останавливается на следующих вопросах...; Автор затрагивает проблемы...; Цель автора – объяснить (раскрыть)...; Автор ставит своей целью проанализировать...;

#### 2. Композиция работы:

Книга состоит из ... глав (частей)...; Статья делится на ... части; В книге выделяются ... главы.

#### 3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)...; Сборник рассчитан...; Предназначается широкому кругу читателей...; Для студентов, аспирантов...; Книга заинтересует...

**РЕФЕРАТ** (от лат. *referre* - докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетическое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползание» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает...* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате – раскрываются.

#### Список конструкций для реферативного изложения:

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов...; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу...);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что...; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес...; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей...; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)...; Затем автор останавливается на таких проблемах, как...; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)...; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты...; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)...; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения...; В статье дается обобщение..., приводятся хорошо аргументированные доказательства...;

В заключение автор говорит о том, что...; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что...; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие...; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для..., но и для...

**КОНСПЕКТИРОВАНИЕ** – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве или на соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора...; В рецензируемой работе...; В предмете анализа...*

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме...; Актуальность темы обусловлена...; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)...

3. Формулировка основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является...; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о...

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом...; Таким образом, рассматриваемая работа...; Автор проявил умение разбираться в...; систематизировал материал и обобщил его...; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты...

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том...; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длины в изложении (недостаточную ясность при изложении)...; Работа построена нерационально, следовало бы сократить...; Существенным недостатком работы является...; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы...; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора...; Упомянутые недостатки связаны не столько с..., сколько с...

7. Выводы: Представляется, что в целом работа... имеет важное значение...; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает...; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки...; Работа удовлетворяет всем требованиям..., а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право...

#### Задание

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

**3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:**

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Технологии интеллектуального труда*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методическому  
комплексу С.А. Упоров



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

### ФТД.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность

**21.05.02 Прикладная геология**

Специализация

**Геологическая съемка, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых**

Одобрены на заседании кафедры

Рассмотрены методической комиссией  
факультета

Управления персоналом

Факультета геологии и геофизики

(название кафедры)

(название факультета)

Зав.кафедрой

Ветошн

Председатель

Бондарев В.И.

(подпись)

(подпись)

Ветошкина Т.А.

Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021

Протокол № 2 от 07.10.2021

(Дата)

(Дата)

Екатеринбург



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2 Методические указания по подготовке к опросу	9
3 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	11
4 Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	14
Заключение	17
Список использованных источников	18

## ВВЕДЕНИЕ

**Самостоятельная работа студентов** может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

**Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций.** Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации<sup>1</sup>. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

<sup>1</sup> Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливаются заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один-два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

*Дискуссия* занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

*Метод «мозговой атаки»* или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

**Презентация**, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода *case-study*. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффективна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповой и индивидуальной. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного анализа (правильность предложений, подготовленность, аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющих в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

### *Письменный опрос*

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучать лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избежать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

### *Устный опрос*

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии<sup>2</sup>.

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременности и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

---

<sup>2</sup>Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii\\_dlya\\_studentov\\_21.pdf](http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf)



8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)<sup>3</sup>.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

---

<sup>3</sup>Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]:  
[http://priab.ru/images/metod\\_agro/Metod\\_Inostran\\_yazyk\\_35.03.04\\_Agro\\_15.01.2016.pdf](http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf)

### **3. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помочь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем – самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;

- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

#### 4. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 5. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

**Экзамен** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным, выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неувоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадет на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала, кратко записав это на листе бумаги, создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неусттомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее и ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать,

подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

- 1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
- 2) добросовестное выполнение заданий;
- 3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
- 4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
- 5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
- 6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
- 7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.
2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html>
3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>
4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.
5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii\\_dlya\\_studentov\\_21.pdf](http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf)