

# ГЕОЛОГИЯ

## Часть 1



Бишкек 2021

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Физические процессы горного производства»

**Н.Н. Малюкова, Т.К. Аметова**

# **ГЕОЛОГИЯ**

**Часть 1**

**Учебное пособие**

Допущено Министерством образования и науки  
Кыргызской Республики в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений

Бишкек 2021

STATE EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF HIGHER VOCATIONAL EDUCATION  
KYRGYZ-RUSSIAN SLAVIC UNIVERSITY  
named after the first President of the Russian Federation B.N. Yeltsin

FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

Department «Physical Processes of Mining Production»

**N.N. Malyukova T.K. Ametova**

# **GEOLOGY**

**Part 1**

**Study guide**

Approved by the Ministry of Education and Science  
of the Kyrgyz Republic as a study guide  
for students of higher education institutions

Bishkek 2021

УДК 55  
ББК 26.3  
М 18

**Ответственный редактор:**

*В.И. Нифадьев*, д-р техн. наук, академик НАН КР

**Рецензенты:**

*С.Ф. Усманов*, д-р техн. наук, профессор,  
*А.О. Маралбаев*, канд. геол.-минерал. наук, профессор,  
*Б.Д. Молдобеков*, канд. геол.-минерал. наук, профессор

Рекомендовано к изданию Ученым советом ГОУВПО КРСУ

**Малюкова Н.Н., Аметова Т.К.**

М 18 ГЕОЛОГИЯ: учебное пособие. Ч. 1 / отв. ред. В.И. Нифадьев. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2021. 184 с. DOI: 10.36979/978-9967-19-808-1-2021.

ISBN 978-9967-19-808-1

В учебном пособии кратко изложены современные сведения о строении и составе земной коры. Даны описания эндогенных и экзогенных геологических процессов, важнейших рудных и породообразующих минералов, горных пород, тектонических дислокаций. Теоретический курс знакомит студентов с геологией нефти и газа, рассматриваются гипотезы происхождения углеводородов, физико-химические свойства нефти и газа, условия формирования залежей и закономерностей их размещения в земной коре. Приведенный материал способствует решению актуальных задач горного производства и подготовке высококвалифицированных специалистов в области проектирования и разработки месторождений полезных ископаемых.

Предназначено для студентов высших учебных заведений специальности 21.05.05 – «Физические процессы горного или нефтегазового производств», обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Горное дело», и специалистов горно-геологической службы.

УДК 55  
ББК 26.3

ISBN 978-9967-19-808-1

© ГОУВПО КРСУ, 2021  
© Малюкова Н.Н., Аметова Т.К., 2021

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
<b>Часть I ГЕОЛОГИЯ</b> .....	10
Тема 1 Планета Земля в космическом пространстве .....	13
Тема 2 Геохронология .....	22
Тема 3 Процессы образования минералов и горных пород .....	27
Тема 4 Минеральный состав месторождений полезных ископаемых .....	34
Тема 5 Геологические процессы .....	36
Тема 6 Нефть и газ в недрах Земли .....	54
<b>Часть II МИНЕРАЛОГИЯ</b> .....	63
Тема 7 Физические свойства минералов .....	63
Тема 8 Морфология минеральных агрегатов .....	70
Тема 9 Классификация минералов .....	73
Тема 10 Самородные элементы .....	74
Тема 11 Окислы и гидроокислы .....	85
Тема 12 Карбонаты, галоиды, сульфаты, вольфраматы, фосфаты .....	91
Тема 13 Класс силикатов .....	99
Тема 14 Минеральные ресурсы Земли .....	108
<b>Часть III ПЕТРОГРАФИЯ</b> .....	112
Тема 15 Магматические горные породы .....	112
Тема 16 Осадочные породы .....	117
Тема 17 Метаморфические породы .....	120
Тема 18 Каустобиолиты .....	123
<b>Часть IV ТЕКТНИКА</b> .....	126
Тема 19 Тектонические дислокации .....	126
Тема 20 Геологическая документация .....	129
Тема 21 Горный компас .....	132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	135
ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ ТЕСТОВ .....	137
ПЕРЕЧЕНЬ И ТЕМАТИКА ПИСЬМЕННЫХ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ .....	143
СЛОВАРЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ .....	146
ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ .....	163
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	164
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	176
REVIEWERS .....	178
CONTENTS .....	179
INTRODUCTION .....	180
CONCLUSION .....	181
THE LIST OF USED AND RECOMMENDED LITERATURE .....	182

## ВВЕДЕНИЕ

Основной целью курса «Геология» является формирование у студентов представления о составе, строении и закономерностях развития *земной коры*, как геологической среды горного производства и подготовка их к восприятию и изучению последующих дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов.

**Геология** (греч. *гео* – земля, *логос* – учение) – одна из важнейших наук о Земле. Она занимается изучением состава, строения, истории развития Земли и процессов, протекающих в ее недрах и на поверхности. Современная геология использует новейшие достижения и методы ряда естественных наук: математики, физики, химии, биологии, географии. Значительный прогресс в указанных областях наук и геологии ознаменовался появлением и развитием важных пограничных наук о Земле: геофизики, геохимии, биогеохимии, кристаллохимии, палеогеографии, палеоморфологии, позволяющих получить данные о составе, состоянии и свойствах вещества глубоких частей земной коры и оболочек Земли, расположенных ниже. Особенно следует отметить многостороннюю связь геологии с географией (ландшафтоведением, геоморфологией, климатологией, гидрологией, гляциологией, океанографией) в познании различных геологических процессов, совершающихся на поверхности земли.

Геология – это основы знаний о «каменной книге» Земли – земной коре. Земля – не застывший в безмерном космосе круглый булыжник, расслоенный, подобно луковице, а иерархически неоднородная на всех масштабных уровнях подвижная самоорганизующаяся система, пронизанная флюидами. Нефть и газ – естественный продукт ее развития.

Вещество земной коры имеет разные состояния – твердое, жидкое, газообразное, зачастую в одном месте можно встретить их все сразу. Вещество земной коры геолог видит в форме минералов, горных пород, которые по использованию человеком можно разделить на рудные, нерудные полезные ископаемые, строительные, облицовочные, ювелирные, поделочные камни, энергетические ресурсы в виде горючих полезных ископаемых: нефть, газ, уголь, торф и пр.

Всё, что нужно для жизнеобеспечения человека, животных, растений, дают недра Земли – достаточно вспомнить такие минералы, как вода, галит, сера, гипс и другие, хорошо известные минералы.

Квалифицированный горный инженер должен хорошо ориентироваться в мире минералов и горных пород, чтобы наиболее разумно осваивать месторождения полезных ископаемых.

Все мы живем на подвижной развивающейся планете, все элементы которой связаны между собой. Свою особую роль в системе Земли занимает и человек. Человечество намертво встроено в геосистему и является важным ее звеном, а может быть и целью. Как писал А. де Сент-Экзюпери: «Земля помогает нам понять себя, как никакие книги»<sup>1</sup>.

Учебное пособие по курсу «Геология» является комплексным и включает ряд дисциплин: минералогия, кристаллографию, геологию, петрографию, тектонику, геологию нефти и газа.

---

<sup>1</sup> Антуан де Сент-Экзюпери. Планета людей. М., 1939.

## ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины специалист должен **иметь представление** о строении Земли, ее составе, истории развития и о процессах, протекающих в её недрах и на поверхности, закономерностях образования месторождений полезных ископаемых.

**Знать:** состав и строение земной коры и её структурные элементы, геохронологию, основные геологические процессы, генетическую классификацию месторождений и виды полезных ископаемых, условия их залегания, классификацию минералов, структуру и состав горных пород, классификацию горных пород и их применение, научные законы и методы, используемые в геологии.

**Уметь:** работать с каменным материалом, различать главнейшие породообразующие и распространённые рудные минералы, горные породы, работать с текстовой и графической документацией, строить схематические геологические разрезы, читать геологические карты, пользоваться геологическим компасом, применять научные законы и методы для геолого-промышленной оценки месторождений полезных ископаемых, прогнозировать геодинамическую обстановку производства горных работ и их влияние на окружающую среду.

**Приобрести навыки:** по ведению геологической документации, анализу геологических карт, по проведению элементарных геологических исследований и диагностике минералов, горных пород, по работе с геологическим компасом, геологическому изучению объектов горного производства, методам рационального и комплексного использования георесурсного потенциала.

В результате изучения данного курса **студенты должны:**

- получить достаточно полное современное представление об общем строении и составе Земли, эндогенных и экзогенных процессах, формирующих земную кору, основных типах осадочных, магматических и метаморфических горных пород;
- понять необходимость межсекторального и междисциплинарного подходов к изучению и решению проблем геологии, устойчивого развития и рационального природопользования;
- освоить основные методологические подходы к обсуждению проблем геологии, устойчивого развития и рационального природопользования;

- получить представление о состоянии разработки и реализации идей устойчивого развития и рационального природопользования в разных странах.

Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен (зачет, защита курсовой работы, контрольная работа, модульный контроль), который проводится в форме письменного и устного экзамена и защиты курсовой работы.

Экзаменационная оценка (оценка, зачет) является итоговой по курсу и проставляется в приложении к диплому.

**Текущий контроль.** В процессе изучения дисциплины могут выполняться промежуточные контрольные задания в виде реферата, а также проведение тестирования. Результаты выполнения этих заданий являются основанием для выставления оценок (баллов) текущего контроля. Выполнение всех заданий является обязательным для всех студентов. Студенты, не выполнившие в полном объеме все эти задания, не допускаются к сдаче экзамена (зачета).

# ЧАСТЬ I • ГЕОЛОГИЯ

Объектом геологических исследований является **земная кора**. По геофизическим данным в строении Земли выделяется несколько оболочек: *земная кора, мантия и ядро Земли*. Предметом непосредственного изучения геологии являются: **земная кора и подстилающий твердый слой верхней мантии** – *литосфера* (греч. «литос» – камень). Сложность изучаемого объекта привела к значительной дифференциации геологических наук, комплекс которых совместно со смежными науками (геофизикой, геохимией и др.) позволяет получить представление о его строении, сущности совершающихся процессов, истории развития и др.

Изучение вещественного состава литосферы – горных пород, минералов, химических элементов – одно из нескольких **основных направлений** в геологии

Одни горные породы образуются из магматического силикатного расплава и называются **магматическими** или **изверженными**, другие – путем осаждения и накопления в морских и континентальных условиях и называются **осадочными**; третьи – за счет изменения различных горных пород под влиянием температуры и давления, жидких и газовых флюидов и называются **метаморфическими**.

Изучением вещественного состава литосферы занимается комплекс геологических наук, объединяющихся часто под названием геохимического цикла. К ним относятся: *петрография* (греч. «петрос» – камень, скала, «графо» – пишу, описываю), или *петрология* – наука, изучающая магматические и метаморфические горные породы, их состав, структуру, условия образования, степень изменения под влиянием различных факторов и закономерность распределения в земной коре. *Литология* (греч. «литос» – камень) – наука, изучающая осадочные горные породы. *Минералогия* – наука, изучающая минералы – природные химические соединения или отдельные химические элементы, слагающие горные породы. *Кристаллография* и *кристаллохимия* занимаются изучением кристаллов и кристаллического строения минералов. *Геохимия* – обобщающая синтезирующая наука о вещественном составе литосферы, опирающаяся на достижения указанных выше наук и изучающая историю химических элементов, законы их распределения и миграции в недрах Земли и на ее поверхности. С рождением изотопной геохимии в геологии открылась новая страница в восстановлении истории геологического развития Земли.

Изучение вещественного состава литосферы, как и других процессов, производится различными методами. В первую очередь это прямые геологические методы – непосредственное изучение горных пород в естественных обнажениях на берегах рек, озер, морей, разрезов, шахт, рудников, кернов буровых скважин и т. д. Все это ограничено относительно небольшими глубинами. Наиболее глубокая, пока единственная в мире, Кольская скважина достигла всего лишь 12,5 км. Но более глубокие горизонты земной коры и прилегающей части верхней мантии также доступны непосредственному изучению. Этому способствуют извержения вулканов, доносящие до нас обломки пород верхней мантии, заключенные в излившейся магме – лавовых потоках. Такая же картина наблюдается в алмазоносных *трубках взрыва*, глубина возникновения которых соответствует 150–200 км. В изучении литосферы также применяются и оптические методы, физические и химические исследования (рентгеноструктурные, спектрографические и др.). Следующим направлением геологической науки является *динамическая геология*, изучающая разнообразные геологические процессы, формы рельефа земной поверхности, взаимоотношения различных по генезису горных пород, характер их залегания и деформации. В область динамической геологии входит *геотектоника* (греч. «*тектос*» – строитель, структура, строение) – наука, изучающая структуру земной коры и литосферы и их эволюцию во времени и пространстве. Частные ветви геотектоники составляют: *структурная геология*, занимающаяся формами залегания горных пород; *тектонофизика*, изучающая физические основы деформации горных пород; *региональная геотектоника*, предметом изучения которой служит структура и ее развитие в пределах отдельных крупных регионов земной коры. Важными разделами динамической геологии являются *сейсмология* (греч. «*сейсмос*» – сотрясение) – наука о землетрясениях и *вулканология*, занимающаяся современными вулканическими процессами.

Известно, что в ходе геологического развития происходили многократные изменения состава, состояния вещества, облика поверхности Земли и строения земной коры. Эти преобразования связаны с различными геологическими процессами и их взаимодействием. Среди них выделяются две группы: **эндогенные** и **экзогенные**. Эти изменения связаны с энергией Солнца, силой тяжести, непрерывным перемещением водных и воздушных масс, циркуляцией воды на поверхности и внутри земной коры, с жизнедеятельностью



организмов и другими факторами. Все экзогенные процессы тесно связаны с эндогенными процессами, что отражает сложность и единство сил, действующих внутри Земли и на ее поверхности.

История геологического развития земной коры и Земли в целом является предметом изучения **исторической геологии**, в состав которой входит **стратиграфия** (греч. «стратум» – слой), занимающаяся последовательностью формирования толщ горных пород и расчленением их на различные подразделения, а также **палеогеография** (греч. «паляйос» – древний), изучающая физико-географическую обстановку на поверхности Земли в геологическом прошлом, и **палеотектоника**, реконструирующая древние структурные элементы земной коры. Разделение толщ горных пород и установление *относительного геологического возраста* слоев невозможно без изучения ископаемых органических остатков, которыми занимается **палеонтология** – наука, связанная как с биологией, так и с геологией.

**Важные задачи геологии.** Следует подчеркнуть, что важной геологической задачей является *изучение геологического строения и развития определенных участков земной коры, именуемых регионами и обладающих какими-то общими чертами структуры и эволюции*. Этим направлением занимается **региональная геология**, которая практически использует все перечисленные ветви геологической науки, а последние, взаимодействуя между собой, дополняют друг друга, что демонстрирует их тесную связь. При региональных исследованиях широко используются **дистанционные методы**, когда наблюдения осуществляются с вертолетов, самолетов, дронов и с искусственных спутников Земли.

Косвенные методы познания, в основном глубинного строения земной коры и Земли в целом, широко используются **геофизикой** – наукой, основанной на физических методах исследования. Благодаря различным физическим полям, применяемым в подобных исследованиях, выделяются магнитометрические, гравиметрические, электрометрические, сейсмические и ряд других методов изучения геологической структуры. Геофизика тесно связана с физикой, математикой и геологией.

Не менее важным полезным ископаемым в наши дни является вода, особенно подземная, происхождением, условиями залегания, составом и закономерностями движений которой занимается наука **гидрогеология** (греч. «гидро» – вода), связанная с химией, физикой и, конечно, с геологией.

Одна из **важнейших задач геологии** – прогнозирование залежей минерального сырья, составляющего основу экономической мощи государства. Этим занимается наука о **месторождениях полезных ископаемых**, в сферу которой входят как рудные и нерудные ископаемые, так и горючие – нефть, газ, уголь, горючие сланцы

**Инженерная геология** – наука, исследующая земную кору в качестве среды жизни и разнообразной деятельности человека. Возникнув как прикладная ветвь геологии, занимающаяся изучением геологических условий строительства инженерных сооружений, эта наука в наши дни решает важные проблемы, связанные с воздействием человека на литосферу и окружающую среду. Инженерная геология взаимодействует с физикой, химией, математикой и механикой, с одной стороны, и с различными дисциплинами геологии – с другой, с горным делом и строительством. За последнее время выделилась как самостоятельная наука *геокриология* (греч. «криос» – холод, лед), изучающая процессы в областях развития многолетнемерзлых горных пород «вечной мерзлоты», которая тесно связана с инженерной геологией.

С начала освоения космического пространства возникла *космическая геология*, или *геология планет*. Освоение океанских и морских глубин привело к появлению *морской геологии*, значение которой быстро возрастает в связи с тем, что уже сейчас почти треть добываемой в мире нефти приходится на дно акваторий морей и океанов.

Разработка теоретических проблем геологии сочетается с решением ряда важнейших народнохозяйственных задач: 1) поиск и открытие новых месторождений различных полезных ископаемых, являющихся основной базой промышленности и сельского хозяйства; 2) изучение и определение ресурсов подземных вод, необходимых для питьевого и промышленного водоснабжения, а также мелиорации земель; 3) инженерно-геологическое обоснование проектов возводимых крупных сооружений и научный прогноз изменения условий после окончания их строительства; 4) охрана и рациональное использование недр Земли; 5) восстановление экологии на местах разведки месторождений полезных ископаемых (рекультивация).

Познание всех закономерностей эволюции Земли, ее происхождения и развития исключительно важно в контексте общего материалистического понимания природы в тех философских построениях, которые отражают единство мира. В этом и заключается общенаучное значение геологии.

## Тема 1. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Наша Земля – одна из девяти планет Солнечной системы, а Солнце представляет собой самую рядовую звезду типа желтого карлика, находящуюся в Галактике Млечного Пути, одной из сотен тысяч галактик в наблюдаемой части Вселенной. Несмотря на то, что непосредственным объектом изучения геологии является планета Земля, необходимы знания и о других планетах, звездах, галактиках, так как все они находятся в определенном

взаимодействии, начиная с момента их появления во Вселенной. Наша планета является частицей огромного космического пространства, и будет интересно понять, каким образом, по современным представлениям, возникла и эволюционировала Вселенная, а вместе с ней и Солнечная система.

## Образование Вселенной

Вселенная, которую мы сейчас наблюдаем, содержит лишь 1/9 того вещества, из которого, согласно расчетам, должна быть образована масса Вселенной. Следовательно, от нас скрыто 8/9 массы ее вещества. В наблюдаемой форме Вселенная возникла около 20 млрд лет назад. До этого времени все ее вещество находилось в условиях бесконечно больших температур и плотностей, которые современная физика не может описать. Такое состояние вещества называется сингулярным. Теория расширяющейся Вселенной, или Большого Взрыва, впервые была создана в России в 1922 г. А.А. Фридманом, но эта выдающаяся теория при его жизни по достоинству оценена не была. С какого-то момента, отстоящего от нас на 20 млрд лет, вещество, находящееся в сингулярном состоянии, подверглось внезапному расширению, которое в самых общих чертах можно сравнить со взрывом, хотя и весьма своеобразным. Вечно возникающий вопрос «А что же было до Большого Взрыва?», по мнению известного английского физика С. Хокинга, носит метафизический характер, так как впоследствии не отразился на нынешнем состоянии Вселенной.

**Химический состав** Вселенной составляет по массе 3/4 водорода и 1/4 гелия. Все остальные элементы не превышают в составе Вселенной даже 1 %. В такой пропорции 3:1  $H_2$  и  $He$  образовались в самые первые минуты Большого Взрыва; а также возникли и изотопы водорода – дейтерий и тритий, но в ничтожном количестве. Тяжелые элементы образовались во Вселенной гораздо позже, когда в результате термоядерных реакций «зажглись» звезды, а при взрывах сверхновых звезд они оказались выброшены в космическое пространство.

Что может ожидать Вселенную в будущем? Современное значение плотности равно 10–29 г/см<sup>3</sup>, что составляет 10–5 атомных единиц массы в 1 см<sup>3</sup>. Чтобы представить такую плотность, надо 1 г вещества распределить по кубу со стороной 40 000 км! Если средняя плотность будет равна или несколько ниже критической плотности, Вселенная будет только расширяться, а если средняя плотность будет выше критической, то расширение Вселенной со временем прекратится, и она начнет сжиматься.

Спустя примерно 1 млрд лет после начала Большого Взрыва в результате сжатия огромных газовых облаков или их протяженных газовых фрагментов стали формироваться звезды и галактики, скопления миллионов звезд. Образование звезд теоретически рассчитано вполне достоверно. Любая звезда возникает в результате коллапса космического облака газа

и пыли. Когда сжатие в центре структуры приводит к очень высоким температурам, в центре «сгустка» начинаются ядерные реакции, т. е. происходит превращение  $H_2$  в  $He$  с выделением огромной энергии, в результате излучения которой звезда начинает светиться.

Следует отметить, что обнаруженные в наши дни слабые вариации реликтового излучения в пространстве, свидетельствуют о неравномерной плотности вещества во Вселенной. Вероятно, это первичное различие в плотности и послужило как бы «затравкой» для возникновения в будущем скоплений галактик. Там, где плотность была выше средней, силы гравитации были больше, следовательно, уплотнение происходило сильнее и быстрее относительно соседних участков, от которых вещество перемещалось в сторону более плотных сгущений. Так начиналось формирование галактик.

### Форма и размеры Земли

Появившиеся в глубокой древности представления о форме и размерах Земли с течением времени менялись и трансформировались вместе с общим развитием естественных наук и их достижениями. Длительное время Земля рассматривалась как некое шарообразное тело. В XVII–XVIII вв., когда для изучения размеров Земли стали применяться более точные оптические методы геодезии, было выяснено, что Земля не представляет собой идеальный шар, так как полярный и экваториальный радиусы неодинаковы, это свидетельствует о сплюснутости ее по оси вращения. Фигура Земли образовалась под совместным действием гравитационных и центробежных сил. Равнодействующая этих сил называется силой тяжести. Она перпендикулярна земной поверхности и выражается в ускорении, которое приобретает каждое тело у поверхности Земли.

На рубеже XVII–XVIII вв. И. Ньютоном теоретически было обосновано положение о том, что под воздействием силы тяжести Земля должна иметь сжатие в направлении оси вращения и принимать форму эллипсоида или сфероида. Впоследствии сделанные во многих странах измерения длины меридианов и параллелей подтвердили теоретические положения и расчеты И. Ньютона. Эти данные также показали, что Земля является не двухосным, а трехосным эллипсоидом, так как экваториальные радиусы отличаются по длине на 213 м.

Хотя представления о форме Земли как об эллипсоиде в первом приближении оказались верными, в действительности ее реальная поверхность оказалась более сложной. Наиболее близкой к форме Земли является своеобразная фигура, получившая название *геоида* (дословно – земле подобный). Геоид – некоторая воображаемая форма, по отношению к которой сила тяжести повсеместно направлена перпендикулярно. Она совпадает с уровнем Мирового океана и продолжается, погружаясь под материки,

как бы сглаживая их рельеф. Таким образом, геоид – это уровенная поверхность океанов гравитационного потенциала (т. е. во всех своих точках перпендикулярная направлению отвеса), совпадающая с поверхностью Мирового океана.

**5210 млн км<sup>2</sup>**

площадь поверхности Земли

**1,083'1012 км<sup>3</sup>**

объем Земли

**5,976'109 трлн т**

масса Земли равна

**5,52 г/см<sup>3</sup>**

среднюю плотность Земли

Форма и размеры Земли были вычислены геодезистом А.А. Изотовым в 1940 г. Выведенная им фигура впоследствии получила название *эллипсоида Красовского*. Вычисленные с помощью космических аппаратов основные параметры по эллипсоиду Красовского следующие: экваториальный радиус – 6378,245 км; полярный радиус – 6356,863 км. Площадь поверхности Земли составляет около 5210 млн км<sup>2</sup>, ее объем – 1,083'1012 км<sup>3</sup>. Масса Земли была вычислена на основе закона Всемирного тяготения. Масса Земли равна 5,976'109 трлн т.

Зная объем и массу Земли, можно определить ее среднюю плотность. Она равна 5,52 г/см<sup>3</sup>, что в 5,52 раза выше плотности воды.

Лабораторными исследованиями установлено, что плотность горных пород на земной поверхности равна 2,8 г/см<sup>3</sup>. Это означает, что в ее недрах должны находиться горные породы, в несколько раз превышающие среднюю плотность Земли.

### Краткие теоретические сведения

Из всех планет только Земля обладает сильным магнитным полем. Важнейшей характеристикой планеты является наличие *атмосферы*. Атмосфера Земли кардинально отличается от атмосферы других планет: в ней мало углекислого газа, много молекулярного кислорода и паров воды. Малые размеры Марса не позволили ему удержать плотную атмосферу. Венера, напротив, имеет очень плотную атмосферу, состоящую в основном из углекислого газа. На Земле хорошо развита гидросфера, на Венере она отсутствует, на Марсе она была в прошлом. Земля отличается высокой тектонической активностью, на Марсе отсутствует вулканическая активность, на Венере также преобладает равнинный рельеф. Главным отличием Земли является хорошо развитая *биосфера*.

Можно выделить следующий ряд геосфер, из которых состоит Земля: ядро, мантия, литосфера, гидросфера, атмосфера, магнитосфера (рисунок 1).

**Ядро** имеет средний радиус 3500 км, располагается оно глубже 2900 км. Состоит из внутреннего и внешнего слоев. *Внутренний* слой состоит из железа и никеля и имеет температуру плавления 4500 °С. *Внешний* – расплавленное железо с примесью никеля и серы.

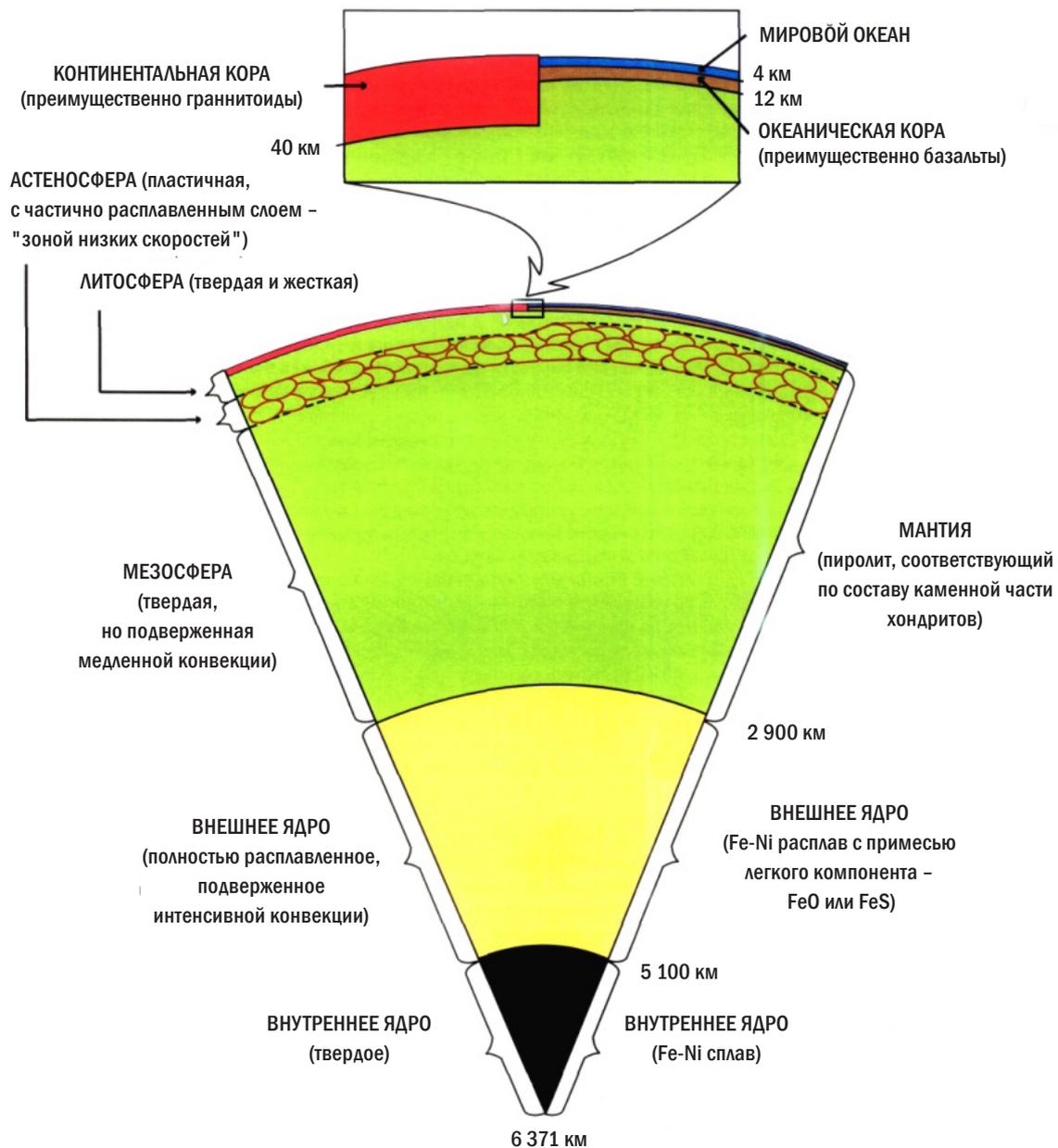
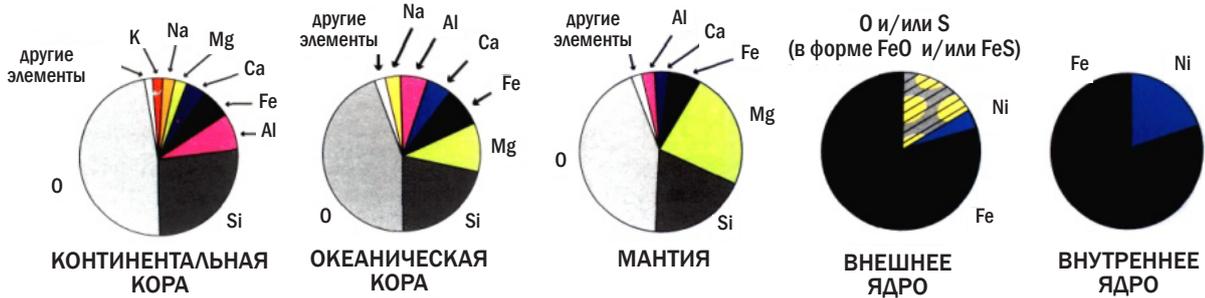


Рисунок 1 – Строение Земли

**Мантия** занимает 2/3 массы Земли и делится на нижнюю мантию (толщина 2000 км) и верхнюю (900 км). В расплавленном состоянии находится астеносфера – нижняя часть верхней мантии. Литосфера образует слой толщиной около 35–70 км. В верхней части она слагается гранитами, в нижней – базальтами.

**Водная оболочка** Земли представлена Мировым океаном (71 %), пресными водами рек и озер, ледниковыми и подземными водами.

**Атмосфера** – воздушная оболочка Земли, окружающая ее и вращающаяся вместе с ней. Она состоит из воздуха: азот (78 %), кислород (21 %), инертных газов, водорода, углекислого газа, паров воды. В ней выделяют: тропосферу, стратосферу, ионосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу.

**Внешняя оболочка** Земли – *магнитосфера*.

**Земная кора.** Представления о составе и физическом состоянии областей, находящихся в земных глубинах, основывается на комплексных геофизических исследованиях недр. Главным из них является сейсмический метод (от греч. «сейсма» – сотрясение). По данным сейсмического зондирования, исходя из скоростей прохождения сейсмических волн, выделяют три главные сферы Земли, отделенные одна от другой поверхностями раздела, в которых резко меняются их величины.

Земная кора – это твердая верхняя (внешняя) оболочка Земли. Ее мощность колеблется от 5–20 (12) км под водами океанов до 30–40 км в равнинных областях и до 50–75 км в горных регионах. Если принять среднюю мощность (толщину) земной коры равной 33 км, а среднюю плотность веществ в ней – 2,8 г/см<sup>3</sup>, то масса коры окажется равной 4,7 · 10<sup>7</sup> трлн т, что составит около 0,8 % всей массы Земли.

До недавнего времени этот слой называли *сиалью* (от начальных букв слов *silicium* – кремний и *aluminium* – алюминий). Это отличало ее от нижележащих слоев, которые были известны под названием *сима* (*silicium* + *magnium*).

В действительности земная кора состоит из легкоплавких силикатов с преобладанием алюмосиликатов. Больше всего в земной коре кислорода (49,13 %), кремния (26 %) и алюминия (7,45 %). Кислород в земной коре содержится не в свободном виде, а в форме оксидов. Здесь в среднем находится 58 % SiO<sub>2</sub>, 15 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8 % FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6 % CaO, 4 % MgO и Na<sub>2</sub>O, 2,5 % K<sub>2</sub>O.

**Мантия Земли.** Распространяется под земной корой до глубины 2900 км от поверхности. Ее делят на две части: верхнюю – слои «В» и «С», которые распространяются до глубины 900–1000 км, и нижнюю – слои «D» и «D<sub>1</sub>» от глубин 900–1000 км до 2900 км. Слой «В» именуется слоем Гутенберга, а слой «С» называют переходным слоем или слоем Голицина. Граница между слоями «В» и «С» располагается на глубине около 410 км, при переходе

через которую сверху вниз скорости сейсмических волн резко возрастают. Сейсмическими методами в слое «В» верхней мантии установлен слой относительно менее плотных, как бы «размягченных» пластичных горных пород. Он называется *астеносферой* (от греч. «астенос» – слабый). В астеносферном слое наблюдается понижение скорости сейсмических волн, особенно это касается поперечных. Это, а также повышенная электрическая проводимость, свидетельствует о том, что речь может идти о своеобразном состоянии вещества. Оно вязкое и более пластичное по отношению к горным породам вышележащей земной коры и нижележащей мантии. Астеносферный слой делится от 80–120 до 200–250 км, а под океанами от 50–60 до 300–400 км.

Твердый слой над астеносферным – слой мантии вместе с земной корой, называется *литосферой*. Ниже астеносферы скорость продольных сейсмических волн резко возрастает, достигая на глубинах 900–2000 км 11,3–11,4 км/с.

Слой «С» отделяется от нижней мантии границей на глубине около 1000 км, где рост скоростей распространения сейсмических волн с глубиной резко уменьшается. В нижней мантии скорости поперечных волн хотя и продолжают расти, но значительно меньше, чем в слое «С» верхней мантии, достигая на глубинах 2700–2900 км 13,6 км/с. На глубине 2900 км намечается новый раздел сейсмического характера, который отделяет мантию от ядра. Здесь скорости продольных волн скачкообразно падают с 13,6 км/с в основании мантии до 8,1 км/с в ядре.

**Ядро Земли.** В нем выделяют *внешнее, переходное и внутреннее* ядро. Внешнее располагается на глубине от 2900 до 4980 км, переходное – до глубин 5120 км, а внутренне ядро находится ниже 5120 км. Скорость распространения продольных (волны Р) сейсмических волн в нижней части земной коры в среднем составляет 6,5–7,4 км/с, а поперечных (волны S) – около 3,7–3,8 км/с.

Изучив строение Земли, мы должны иметь представление о распределении и области распространения химических элементов в земной коре.

Гранитная оболочка	Базальтовая оболочка	Мантия	Ядро Земли
<p>наиболее распространены <i>O<sub>2</sub>, Si, Al, K, Na,</i> менее распространены <i>Fe, Mg, Ca.</i></p> <p>Главная область распространения: <i>Au, Sn, Mn, Mo, Ta, Zr, W, Be, F, B, Ba, Sr, Nb, Re, Gf, Ce, U, Th</i></p>	<p>преобладают <i>O<sub>2</sub>, Si, Al,</i> но их содержание меньше, чем в гранитной.</p> <p>Типичны для нее: <i>Ti, Cr, Pt, Ni, Co, V</i></p>	<p>резко уменьшается содержание <i>O<sub>2</sub>, Al.</i></p> <p>Распространены элементы: <i>S, Fe, Mg, Ni, Cr, C, P, Pb, Mn, Ti, Hg, Au</i></p>	<p><i>Fe, Ni,</i> а также могут содержаться: <i>P, S, C, Co, Cr, Pt, Cu</i></p>

## Химический состав земной коры

Первая работа по определению среднего химического состава земной коры принадлежит американскому химику Ф.В. Кларку. В 1889 г. Кларк на основе 880 полных химических анализов массивно-кристаллических горных пород вычислил для десяти химических элементов (*O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, P*) их среднее содержание в земной коре. В 1924 г. он опубликовал таблицу распространенности химических элементов, которая была уже составлена на основании около 6000 анализов.

В 1923 г. А.Е. Ферсман для величины среднего содержания химического элемента в земной коре ввел термин «*кларк*», быстро укоренившиеся в науке.

В настоящее время, по данным А.А. Ярошевского (1988 г.), земная кора имеет следующий средний состав (таблица 1).

Таблица 1 – Средний состав земной коры

Элементы	O	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	H	Ti	C	Все прочие
%	47,90	25,50	8,14	4,37	1,79	2,71	2,01	2,40	0,16	0,52	0,27	0,23

Наиболее распространенными в литосфере являются элементы с небольшими порядковыми номерами, т. е. малыми атомными весами. С увеличением порядкового номера таблицы Менделеева распространенность убывает. Причем элементы с четными порядковыми номерами более распространены, чем с нечетными порядковыми номерами.

По минеральному составу земная кора на 75 % сложена силикатами и на 17 % – оксидами и гидроксидами, т. е. литосфера по своему составу является оксидно-силикатной.

Если сравнить распространенность химических элементов в земной коре с числами минералов, в которые они входят, то устанавливается прямая зависимость. В земной коре наиболее широко распространены кислородные соединения кремния, алюминия, железа, а также щелочноземельных и щелочных металлов – кальция, магния, натрия и калия. К их числу относятся окислы и кислородные соли (силикаты), входящие в состав различных горных пород, слагающих земную кору. Зная «кларки» земной коры, можно произвести пересчет элементов на составляющие ее важнейшие минералы.

Наиболее важной формой нахождения химических элементов в земной коре являются твердые тела – минералы, слагающие горные породы и месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых. Они представляют

определенный этап в истории химических элементов: в определенных условиях минералы образуются, при других условиях – они разрушаются.

В состав минералов входят все 92 химических элемента таблицы Менделеева. Однако участие химических элементов в составе минералов неодинаковое. Наряду с главными элементами, определяющими самостоятельность минерала, имеются элементы, входящие в минерал лишь в качестве примесей.

Минералы в земной коре находятся в виде индивидов, которые представляют собой физически и химически индивидуализированные кристаллы или зерна. Совокупность минеральных индивидов одинаковой природы и близких по своей конституции, называется минеральным видом. Количество минеральных видов сейчас составляет немногим более 3000. Ограничение количества минеральных видов обусловлено, по А.Е. Ферсману, законом парагенезиса, т. е. совместным закономерным нахождением минералов в природе, обусловленных общностью образования.

Свойства минералов зависят от химического состава, конституции и строения атомов или ионов, входящих в состав соединений

Если судить по числу минеральных видов, то на первом месте находятся кислородные соединения – 75,12 %, далее следуют сульфиды – 16,62 %, в резко подчиненном количестве находятся галоиды – 4,59 %, гомоатомные и близкие к ним соединения – 3,67 %. Среди отмеченных наиболее высокие относительные доли силикатов – 25,14 %, фосфатов – 18,2 %, сульфидов – 12,99 %, оксидов – 9,26 %, сульфатов – 9,25 %.

### Контрольные вопросы:

1. Что из себя представляет земная кора?
2. Строение Земли.
3. Вещественный состав литосферы.
4. Гипотезы образования Земли.
5. Формы и размеры Земли.
6. Образование горных пород.
7. Основные химические элементы земной коры.
8. Минеральный состав земной коры.
9. От чего зависят свойства минералов?



## Тема 2. ГЕОХРОНОЛОГИЯ

**Геохронология** (от др. греч. – земля, время, слово, учение) – комплекс методов определения *абсолютного* и *относительного* возраста горных пород и минералов. В число задач этой науки входит и определение возраста Земли.

Для определения **относительного возраста** используют два метода: *стратиграфический* и *палеонтологический*.

*Стратиграфический метод* основан на том, что слои осадков отлагаются изначально горизонтально, более древние слои в нижних частях, а сверху самые молодые. Но за сотни миллионов лет этот порядок нарушается тектоникой, происходит смятие пачек слоев в складки, переворачивание их, разрывы и смещение отдельных участков друг относительно друга с последующим размывом, и зачастую полным исчезновением отдельных слоев. В таких случаях определение относительного возраста пород становится недостоверным и нужны другие методы.

*Палеонтологический метод* позволяет определять возраст осадочных пород по отношению друг к другу независимо от характера залегания слоев. В основу метода положена история развития органической жизни на Земле. Животные и растительные организмы развивались постепенно, последовательно. Остатки вымерших организмов сохранялись в тех осадках, которые накапливались в тот отрезок времени, когда они жили. Зная последовательность и период жизни вымерших организмов, по их остаткам можно определить относительный возраст слоев осадочных пород.

Такой метод очень помог в решении глобальной задачи расхождения материков, являющихся частями первичного материка Пангеи. Палеонтологический метод достоверен даже для дислоцированных, с разным составом отложений слоев горных пород.

**Абсолютный возраст** – это продолжительность существования породы, выраженная в годах. Для его определения применяют методы, основанные на использовании процессов радиоактивных превращений, которые имеют место в некоторых химических элементах (уран, калий, рубидий и др.), входящих в состав пород. С помощью одних элементов устанавливают возраст в миллионах лет (образование свинца из урана), другие дают возможность вычислить более короткие отрезки времени (по полураспаду углерода).

Известно большое число радиоактивных методов определения абсолютного возраста: свинцовый, калиево-аргоновый, рубидиево-стронциевый, самарий-неодимовый, радиоуглеродный и др.

К настоящему времени история развития земной коры нашла свое отражение в геохронологической шкале (таблица 2). В этой системе приняты подразделения по времени (геохронологические) и по возрасту отложений (стратиграфические). **Эон** соответствует **зоноте**, **эра** – **эратеме (группе систем)**, **период** – **системе**, **эпоха** – **отделу**, **век** – **ярусу**. Наиболее длительные это эоны, длящиеся десятки и сотни миллионов лет, наименьшие – века (ярусы), характеризующиеся отдельными пачками (типами) отложений. Эоны: **архей** (древний); **протерозой** (первый); **фанерозой** (явный). Архей и протерозой (более 3,2 млрд лет) часто объединяют общим названием **докембрий**, потому что эти породы пока не поддаются расчленению. В **фанерозое** выделяются три эры (эратемы): палеозойская (древняя), мезозойская (средняя) и кайнозойская (новая). Каждая эра (эратема) подразделяется на системы (периоды), каждая из которых, в свою очередь расчленяется на 2–3 отдела (эпохи). В четвертичном периоде (системе) из-за его малой длительности выделяются особые подразделения, именуемые разделами и звеньями. Ранний – **эоплейстоцен**, средний – **плейстоцен**, поздний – **голоцен**. Надо правильно употреблять понятие для времени и пород, образованных в это время, например, «раннеюрская эпоха», «нижний отдел юрской системы».

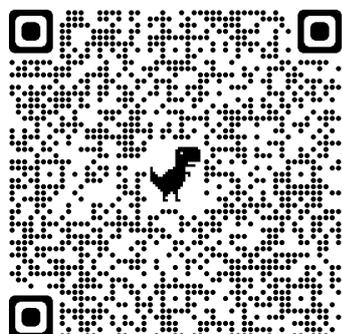
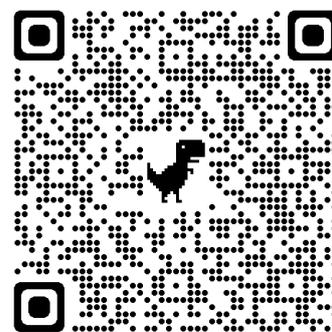
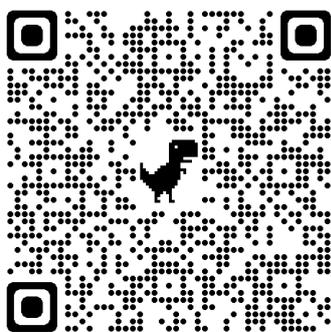
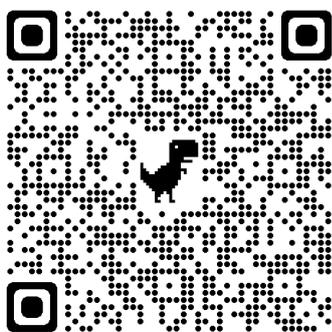


Таблица 2 – Геохронологическая шкала

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА ЗЕМЛИ							
Эра	Период	Эпоха	Век	Ин-декс	Начало, млн лет	Продолж., млн лет	
Кайнозойская KZ	Четвертичный Q	Голоценовая		Q <sub>2</sub>	0,01	0,01	
		Плейстоценовая		Q <sub>1</sub>	1,6	1,6	
	Неогеновый N	Плиоценовая	Акчагыльский		N <sub>2ak</sub>	3,4	1,8
			Киммерийский		N <sub>2k</sub>	5,3	1,9
		Миоценовая	Мессинский		N <sub>1m</sub>	6,5	1,2
			Тортонский		N <sub>1t</sub>	11,2	4,7
			Серравалийский		N <sub>1s</sub>	15,1	3,9
			Лангийский		N <sub>1l</sub>	16,6	1,5
			Будигальский		N <sub>1b</sub>	21,8	5,2
			Аквитанский		N <sub>1a</sub>	23,7	1,9
	Палеогеновый Pg	Олигоценая	Хетский		P <sub>3h</sub>	30,0	6,3
			Рюпельский		P <sub>3r</sub>	33,7	3,7
		Эоценовая	Приабонский		P <sub>2p</sub>	40,0	6,3
			Бартонский		P <sub>2b</sub>	43,6	3,6
			Лютетский		P <sub>2l</sub>	52,0	8,4
			Ипрский		P <sub>2i</sub>	57,8	5,8
		Палеоценовая	Танетский		P <sub>1t</sub>	60,6	2,8
Монтский				P <sub>1m</sub>	63,6	3	
Датский				P <sub>1d</sub>	66,4	2,8	
Мезозойская MZ	Меловой K	Поздняя	Маастрихтский		K <sub>2m</sub>	74,5	8,1
			Кампанский		K <sub>2km</sub>	84	9,5
			Сантонский		K <sub>2st</sub>	87,5	3,5
			Коньякский		K <sub>2k</sub>	88,5	1,0
			Туронский		K <sub>2t</sub>	91	2,5
			Сеноманский		K <sub>2s</sub>	97,5	6,5
		Ранняя	Альбский		K <sub>1al</sub>	113	15,5
			Аптский		K <sub>1a</sub>	119	6
			Барремский		K <sub>1br</sub>	124	5
			Готеривский		K <sub>1g</sub>	131	7
			Валанжинский		K <sub>1v</sub>	138	7
			Берриасский		K <sub>1b</sub>	144	6

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА ЗЕМЛИ						
Эра	Период	Эпоха	Век	Индекс	Начало, млн лет	Продолж., млн лет
Мезозойская MZ	Юрский J	Поздняя Мальм	Волжский	J <sub>3v</sub>	152	8
			Титонский	J <sub>3tt</sub>		
			Кимериджский	J <sub>3km</sub>	156	4
		Средняя Доггер	Оксфордский	J <sub>3o</sub>	163	7
			Келловейский	J <sub>2k</sub>	169	6
			Батский	J <sub>2bt</sub>	176	7
			Байосский	J <sub>2b</sub>	183	7
			Ааленский	J <sub>2a</sub>	187	4
			Тоарский	J <sub>1t</sub>	193	6
	Ранняя Лейас	Плинсбахский	J <sub>1p</sub>	198	5	
		Синемюрский	J <sub>1s</sub>	204	6	
		Геттангский	J <sub>1h</sub>	208	4	
	Триасовый T	Поздняя	Норийский	T <sub>3n</sub>	225	17
			Карнийский	T <sub>3k</sub>	230	5
		Средняя	Ладинский	T <sub>2l</sub>	235	5
			Анизийский	T <sub>2a</sub>	240	5
		Ранняя	Оленекский	T <sub>1o</sub>	245	5
			Индский	T <sub>1i</sub>		
Палеозойская PZ	Пермский P	Поздняя	Татарский	P <sub>2t</sub>	253	8
			Казанский	P <sub>2kz</sub>	258	5
			Уфимский	P <sub>2u</sub>		
		Ранняя	Кунгурский	P <sub>1k</sub>	263	5
			Артинский	P <sub>1ar</sub>	268	5
			Сакмарский	P <sub>1s</sub>	286	18
	Ассельский	P <sub>1a</sub>				
	Каменноугольный C	Поздняя	Гжельский	C <sub>3g</sub>	296	10
			Касимовский	C <sub>3k</sub>		
		Средняя	Московский	C <sub>2m</sub>	320	24
			Башкирский	C <sub>2b</sub>		
		Ранняя	Серпуховской	C <sub>1s</sub>	333	13
			Визейский	C <sub>1v</sub>	353	20
	Турнейский		C <sub>1t</sub>	360	7	
	Девонский D	Поздняя	Фаменский	D <sub>3fm</sub>	367	7
			Франский	D <sub>3f</sub>	374	7
		Средняя	Живетский	D <sub>2zv</sub>	380	6
			Эйфельский	D <sub>2ef</sub>	387	7
		Ранняя	Эмский	D <sub>1e</sub>	394	7
			Зигенский	D <sub>1zg</sub>	401	7
			Жединский	D <sub>1z</sub>	408	7

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА ЗЕМЛИ						
Эра	Период	Эпоха	Век	Ин-декс	Начало, млн лет	Продолж., млн лет
Палеозой- ская PZ	Силурийский S	Поздняя	Пржидольский	S <sub>2p</sub>	414	6
			Лудловский	S <sub>2ld</sub>	420	6
		Ранняя	Венлокский	S <sub>1v</sub>	425	5
			Лландоверий-ский	S <sub>1l</sub>	438	13
	Ордовикский O	Поздняя	Ашгильский	O <sub>3as</sub>	448	10
			Карадокский	O <sub>2k</sub>	458	10
		Средняя	Лланддейлский	O <sub>2ld</sub>	468	10
			Лланвирнский	O <sub>2l</sub>	478	10
		Ранняя	Аренигский	O <sub>1a</sub>	485	7
			Тремадокский	O <sub>1t</sub>	505	10
	Кембрийский Є	Поздняя	Аксайский	E <sub>3ak</sub>	523	18
			Сакский	E <sub>3s</sub>		
			Аюсокканнский	E <sub>3as</sub>		
		Средняя	Амгинский	E <sub>2am</sub>	540	17
			Майский	E <sub>2m</sub>		
		Ранняя	Тойонский	E <sub>1tn</sub>	570	30
			Ботомский	E <sub>1b</sub>		
			Атдабанский	E <sub>1at</sub>		
		Томмотский	E <sub>1t</sub>			
ДОКЕМБРИЙ						
Протеро- зойская	Поздний (рифей)	Вендская	Эдиакарский		650	80
			Лапландский			
		Поздняя			1000	350
		Средняя			1350	350
	Ранняя			1650	300	
	Ранний				2500	850
Архейская	Поздний				3000	500
	Средний				3400	400
	Ранний				3800?	400?

### Контрольные вопросы:

1. Определение абсолютного и относительного возраста горных пород.
2. Какая информация содержится в геохронологической шкале?
3. Какие методы используют для определения возраста горных пород?
4. В чем заключается палеонтологический метод?
5. Какая эра делится на шесть периодов?

## Тема 3. ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

**Минералы** представляют собой природные химические соединения (или элементы), однородные по составу и строению и являющиеся составной частью горных пород и руд. Встречаются они в природе, преимущественно, в твердом состоянии (кварц, слюда, кальцит), в жидком (самородная ртуть) и газообразном (сероводород). Они возникают в результате различных физико-химических процессов, происходящих в земной коре, включая и продукты жизнедеятельности организмов. В природе известно более 5000 минералов и их разновидностей, но очень немногие из них имеют широкое пространственное распространение и играют существенную роль в строении горных пород. Таких минералов известно около 50. Именно они называются *породообразующими* минералами.

**Горные породы** – это вещество, слагающее земную кору, состоящие из минералов однородных или неоднородных. Нередко они состоят из сцементированных обломков различных пород, иногда с присутствием вулканического стекла. Горные породы сформировались в результате глубинных или поверхностных геологических процессов.

Строение породы определяется ее *структурой* и *текстурой*. Под *структурой* понимают особенности соединения минеральных зерен, их размеры и формы. Одни породы состоят из крупных кристаллических зерен; другие – из мельчайших кристаллов, видимых только под микроскопом; третьи – из стекловидного вещества; четвертые – комбинированные, когда на фоне мельчайших кристаллов или стекловидного вещества встречаются отдельные крупные кристаллы. Под *текстурой* понимают взаимное расположение и распределение слагающих породу минералов.

Процессы минералообразования, совершающиеся в неорганической природе, подчиняются законам физической химии и термодинамики. Любой минерал обладает определённым химическим составом и существует в природе при определённых физических условиях, из которых главнейшее значение имеют температура и давление.

**Образование твердого кристаллического вещества** может происходить различными путями (схема 1).

Главная масса природных кристаллических образований является результатом кристаллизации силикатных расплавов (магм) и водных растворов. Сюда относятся огромные массы изверженных кристаллических пород, подавляющее количество месторождений полезных ископаемых, кристаллизация осадков соленосных бассейнов и др.



**Схема 1 – Способы образования твердого кристаллического вещества**

Кристаллизация охлаждающегося расплава начинается при определенной температуре, отвечающей температуре плавления данного вещества. Кристаллизация раствора также начинается в момент насыщения растворителя данным веществом. Кристаллизация жидких фаз может начаться при некотором переохлаждении или пересыщении.

Степень переохлаждения или пересыщения жидкой среды зависит также от химического состава кристаллизующейся жидкости и от давления. Изменение давления более существенное значение имеет при образовании кристаллов из охлаждающихся паров.

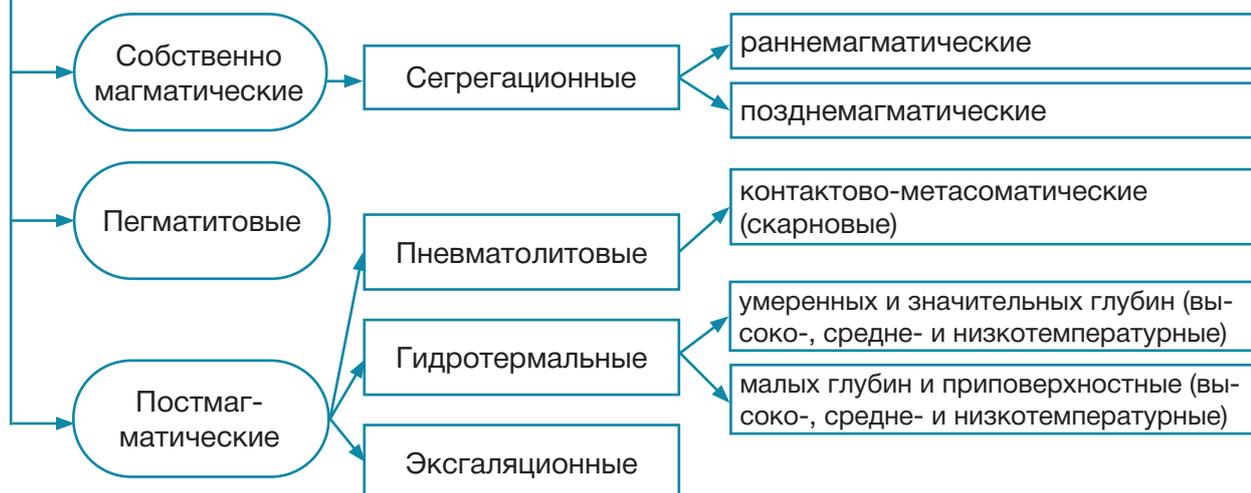
Все виды процессов образования минералов и горных пород можно разделить на три основные группы: *эндогенные*, *экзогенные* и *метаморфогенные*. Между всеми перечисленными процессами минералообразования наблюдаются, естественно, взаимные переходы, и в природе не всегда удастся их четко расчленивать. Указанные процессы приводят к возникновению разнообразных минералов и их ассоциаций, к образованию различных типов горных пород и руд. Скопление минералов и руд называются *месторождениями*.

**Месторождения полезных ископаемых** – это скопление минералов, используемых в практической деятельности человека при условии, что добыча их на данном участке экономически целесообразна.

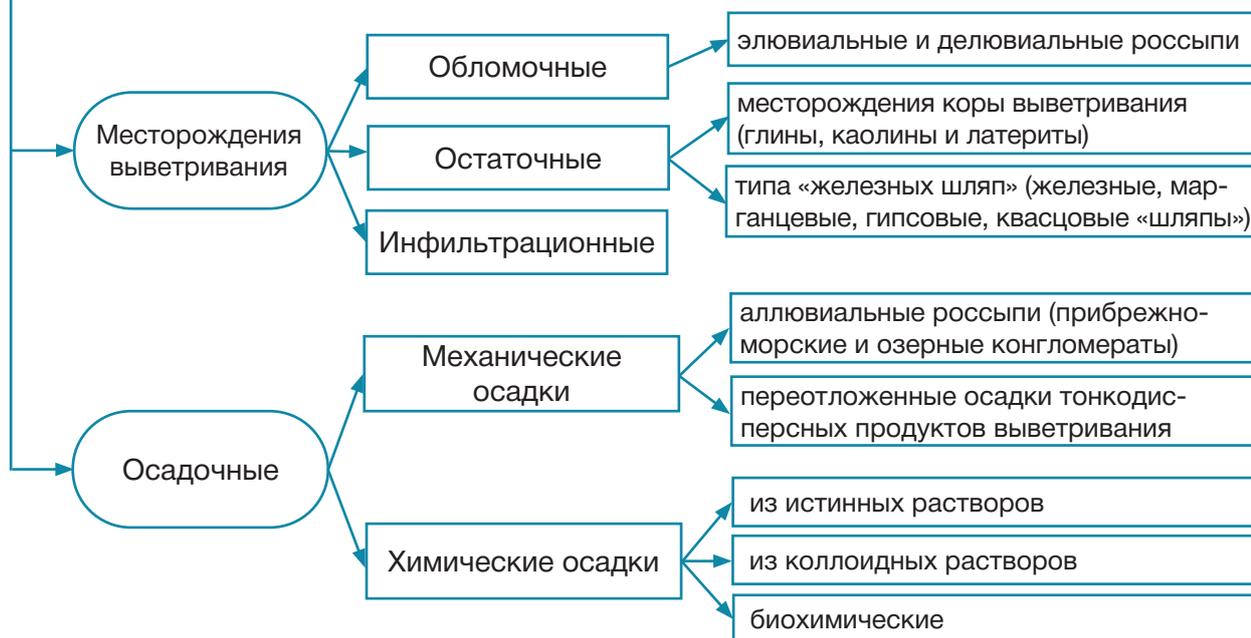
Месторождения можно *классифицировать* по различным принципам (по морфологическим признакам и условиям залегания рудных тел и др.). Но так как образование рудных месторождений так или иначе связано с главнейшими геологическими процессами (магматическая деятельность, процессы выветривания и осадконакопления в водных средах, региональный метаморфизм), главное деление месторождений проводят по генетическому признаку. В дальнейшем во избежание громоздкости классификаций принимаются во внимание те природные условия, в которых происходят процессы рудообразования.

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ПО П.М. ТАТАРИНОВУ)

### А. Эндогенные месторождения



### Б. Экзогенные месторождения



### В. Метаморфогенные месторождения



**Эндогенные (или гипогенные) месторождения** полезных ископаемых возникают в результате магматической деятельности за счет внутренней тепловой энергии Земли. По происхождению они связаны с изверженными породами (граниты, габбро, перидотиты, диабазы и др.). Эндогенные месторождения включают собственно магматические, пегматитовые и постмагматические месторождения.

**Собственно магматические, или магматические, месторождения** образуются при кристаллизации рудных минералов непосредственно из магм, расплава. Встречаются они почти исключительно в ультраосновных и основных (дуниты, перидотиты, пироксениты и габбро), реже в щелочных породах. По способу образования магматические месторождения делятся на сегрегационные и ликвационные.

**Сегрегационные (раннемагматические)** месторождения характеризуются тем, что рудные минералы обособляются непосредственно из магмы совместно с пороодообразующими силикатами либо одновременно с ними, либо несколько позже. Они обычно представлены рассеянными кристаллами или скоплениями рудных зерен, причем количество рудных минералов в закристаллизовавшейся магме никогда не бывает одинаковым. Сегрегационные месторождения разделяют на раннемагматические и позднемагматические.

**Ликвационные** месторождения образуются путем ликвации, т. е. разделения магмы на две жидкости, силикатную и сульфидную, еще до затвердевания самой магмы. Они встречаются главным образом в основных (габбро-нориты, оливинные диабазы) и иногда в ультраосновных, богатых магнием породах (перидотиты).

**Пегматитовые месторождения** возникают при образовании пегматитов, обычно в связи с гранитами и отчасти щелочными породами. Богаты минералами, содержащими легколетучие вещества, а иногда содержат также соединения редких и рассеянных элементов. Процесс образования пегматитов происходит в несколько стадий. Пегматиты известны для каждой группы изверженных пород; существуют гранитные, сиенитовые, нефелин-сиенитовые, диоритовые, габбровые, перидотитовые пегматиты. Наибольший интерес представляют гранитные пегматиты. От материнских изверженных пород пегматиты отличаются более крупными размерами кристаллов пороодообразующих минералов, а также более частым, иногда обильным содержанием минералов, в состав которых входят различные летучие вещества ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $H_3BO_3$ ,  $H_3PO_4$  и др.).

**Постмагматические месторождения.** В процессе затвердевания магмы и формирования изверженной породы происходит отделение газообразных и жидких постмагматических растворов, выносящих из магмы как летучие компоненты (минерализаторы), так и многие легкорастворимые в горячих водах соединения ценных металлических и неметаллических элементов. При циркуляции этих растворов во вмещающих интрузив породах и при

взаимодействии их с этими породами возникают постмагматические жильные и метасоматические месторождения. Постмагматические месторождения делятся на *пневматолитовые* и *гидротермальные*.

**Пневматолитовые месторождения** образуются из газовой фазы при высоком давлении, *гидротермальные* – из водно-жидкой фазы остаточного раствора магматического происхождения. Выделение месторождений, образующихся из газовой фазы, пока еще затруднительно, так как геологи не располагают достаточными критериями для разграничения процессов пневматолита, от высокотемпературных гидротермальных. Поэтому к группе пневматолитовых можно отнести *контактово-метасоматические (скарновые)* месторождения, при формировании которых часть наиболее ранних минералов отлагалась из газовых растворов, хотя главная масса минералов образовалась при пониженных температурах из гидротерм.

Постмагматические растворы могут быть связаны с вулканическими извержениями. Из таких постмагматических растворов, называемых *эксгаляциями*, образуются *эксгаляционные* месторождения, образующие небольшую группу по распространению и практическому использованию.

**Карбонатитовые месторождения.** В настоящее время выделяют среди эндогенных постмагматических месторождений особую группу карбонатитовых месторождений. Карбонатитами называются породы, состоящие в основном из кальцита, доломита, анкерита и других карбонатов и представляющие собой сложные, часто многостадийные образования пневматолито-гидротермального происхождения, пространственно и генетически связанные с ультраосновными – щелочными магматическими комплексами, завершающими их развитие. Карбонатитовые тела имеют самые разнообразные формы: трубки, конические слои, кольцевые и радиальные жилы, штокверки, зоны перекристаллизации и жилы в тектонических трещинах. Широкие поисковые работы последних лет показали, что карбонатитовые месторождения представляют важнейший промышленный тип месторождений редких элементов (ниобия, тантала, редких земель цериевой группы) и нерудного сырья (апатита, флогопита, вермикулита).

Практическая ценность ряда карбонатитовых месторождений возрастает вследствие возможности их комплексной отработки с получением пироксенов-гетчеллит-колумбитовых, апатитовых и вермикулит-флогопитовых концентратов. В некоторых массивах попутно с указанными продуктами можно получать в сравнительно большом количестве магнетитовые концентраты, содержащие ниобий.

**Экзогенные месторождения** возникают в результате процессов, протекающих на поверхности земной коры.

**Месторождения выветривания** образуются в коре выветривания под влиянием процессов химического и физико-химического преобразования пород. Эти месторождения часто сопровождаются процессами метасоматоза, существенным перемещением полезного ископаемого по профилю

и его концентрацией в определенных зонах выветривания, в результате чего возникают новые породы со свойственными им особыми текстурой, структурой, минеральным и химическим составом, содержащие характерные месторождения полезных ископаемых.

*Обломочные* месторождения образуются в результате разрушения горных пород и рудных тел под воздействием процессов физического выветривания. Представителями этой группы месторождений при достаточном измельчении материала выветривания являются элювиальные и делювиальные россыпи (золото, олово, платина и др.). Элювиальные россыпи приурочены к выходам на поверхность коренных месторождений и в общих чертах повторяют их контуры. Делювиальные россыпи образуются в результате сползания элювиального покрова, содержащего полезные компоненты, по склону и отложения этого материала на склоне или у его подножия.

*Остаточные* месторождения – это месторождения поверхностной зоны, образовавшиеся благодаря накоплению полезных компонентов в результате выветривания и выноса других веществ поверхностными водами. Различают глинистое выветривание, характерное для условий умеренного климата, в результате которого возникают месторождения остаточных глин, а также латеритное и каолиновое выветривания, происходящие в условиях тропического климата. При выветривании промышленных месторождений некоторых полезных ископаемых иногда возникают своеобразные остаточные образования типа «железных шляп» (железные, марганцевые, гипсовые, квасцовые «шляпы»).

*Инфильтрационные* месторождения возникают в результате выпадения рудных веществ из водных растворов водозного происхождения, которые, перемещаясь в породах и в верхних частях земной коры, растворяют металлы и их соединения, переносят и при определенных физико-химических условиях отлагают их. Так образуются некоторые месторождения железа, марганца, меди, ванадия, урана, радия, фосфоритов, гипса, боратов, магнетита и исландского шпата.

*Осадочные месторождения* образовались путем механического, химического или биохимического осаждения металлов или руд в водных бассейнах. Так образуются многие месторождения железных и марганцевых руд, различных солей, бокситов и т. п. При процессах выветривания часть продуктов выветривания захватывается и переносится поверхностными водами либо во взвешенном состоянии, либо в виде истинных и коллоидных растворов. Происходит механическая дифференциация осадков. В первую очередь выпадают наиболее крупные частицы, образующие галечники, которые, уплотняясь, переходят в конгломераты. Дальше продвигаются и выпадают частицы, образующие пески; еще дальше осаждаются глинистые частицы, образующие глину. При механической дифференциации

осадков происходит рассортировка минеральных обломков не только по их крупности, но также по форме и удельному весу. Благодаря механической дифференциации могут возникнуть россыпные месторождения золота, платины, касситерита, монацита, алмаза, корунда и т. п.

Продукты выветривания горных пород, которые переносятся в виде истинных или коллоидных растворов, подвергаются химической дифференциации и при известных условиях отлагаются. Например, галогенные образования (гипсы, ангидриты, каменная соль, калийные и магниевые соли) отлагаются в лагунах и солеродных морских бассейнах в условиях аридного климата. Железо же переносится поверхностными водами главным образом в виде коллоидных растворов (золи окиси железа), т. е. в виде тонких механических взвесей. Золи окиси железа, попадая в воды болот или морские водоемы, выпадают в осадок, образуя месторождения железных руд.

Некоторые месторождения осадочного происхождения возникают в результате жизнедеятельности организмов. Это так называемые биохимические (биогенные) осадочные месторождения. Благодаря жизнедеятельности микроорганизмов образуются некоторые месторождения железа, марганца, а также меди и алюминия.

**Метаморфогенные месторождения.** Метаморфизм может сказаться не только на изменении физических свойств и минерального состава породы или руд, но также на структурах и текстурах полезного ископаемого. Термодинамические воздействия, протекающие в глубинных условиях, не только могут метаморфизовать уже существующие месторождения полезных ископаемых, но также создать новые месторождения, в частности за счет горных пород, до того не имевших промышленного интереса.

В соответствии с этим метаморфогенные месторождения делятся на *метаморфизованные* (месторождения, подвергавшиеся процессу метаморфизма после их образования) и *метаморфические* (месторождения, образование которых связано с процессами метаморфизма горных пород). К числу метаморфизованных месторождений относятся главным образом месторождения металлических полезных ископаемых, в частности железа, марганца, отчасти золота и урана, а также апатита. Почти все эти месторождения первоначально были образованы осадочным путем в экзогенных условиях (например, Кривой Рог, Курская магнитная аномалия и др.). Среди метаморфических месторождений неизвестны крупные месторождения металлических полезных ископаемых, но практический интерес представляют месторождения неметаллических полезных ископаемых, например, мраморов, кварцитов, кровельных сланцев, графита, кианита и силлиманита (как огнеупорное сырье), гранита, наждака (как абразивное сырье).

Промышленные месторождения полезных ископаемых встречаются в земной коре нечасто и представляют большую ценность. Особенно интересны и перспективны так называемые *комплексные месторождения*, содержащие несколько полезных компонентов. К их разработке необходимо самое бережное отношение. Следует всегда помнить, что запасы руды, извлеченные из недр, больше не возобновляются и поэтому недопустимо при эксплуатации месторождений подчиняться тем или иным временным, конъюнктурным соображениям и применять хищнические методы, ведущие к нерациональному использованию или даже прямому разубоживанию природных богатств.

### Контрольные вопросы:

1. Что такое минерал?
2. Что такое горная порода?
3. Что такое месторождение, промышленное месторождение?
4. Каким путем образуется твердое кристаллическое вещество в природе?
5. Какие процессы минералообразования относятся к эндогенным?
6. Какие процессы минералообразования относятся к экзогенным?

## Тема 4. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Месторождение полезных ископаемых, кроме минералов, содержащих ценные металлы или используемых в качестве неметаллического сырья, обычно содержат минералы, не имеющие практической ценности. Эти минералы в постмагматических месторождениях, имеющих часто форму жил, называют **жильными**, а в месторождениях остальных генетических типов – **нерудными**. Для полезных ископаемых, которые используются целиком (блоки мрамора, гранита, диабазы и т. п.), разделение на полезные компоненты и нерудные минералы не проводится.

*Жильными* и *нерудными* минералами обычно являются: кварц, опал, халцедон, карбонаты (кальцит, доломит, сидерит, родохрозит), сульфаты (преимущественно барит, в меньшей мере гипс), силикаты (полевые шпаты, хлорит, серицит, гранат, родонит, каолинит, турмалин), апатит, плавиковый шпат, пирит, марказит, пирротин; иногда роль жильных и нерудных минералов играют обломки изверженных, осадочных и метаморфических пород, среди которых залегает рудное тело.

*Рудные и нерудные* минералы, образовавшиеся в недрах Земли, называют *гипогенными*, а на поверхности земли – *гипергенными* (супергенными).

В зависимости от состава полезных компонентов, содержащихся в рудах, различают *мономинеральные* (простые) и *комплексные* (сложные) руды. *Мономинеральные руды* – это руды, в которых содержится в основном один полезный компонент, например, железо, алюминий, хром; комплексные руды содержат несколько полезных компонентов.

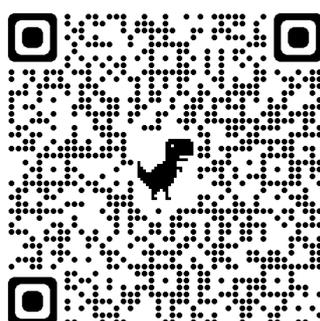
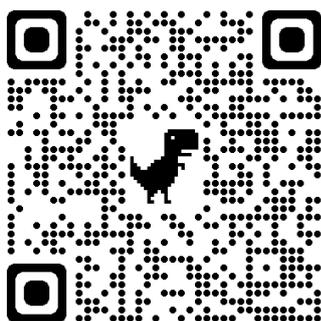
По составу преобладающей части рудных минералов выделяют следующие *главнейшие типы руд*:

- 1) *окисные* – характерны в форме окислов и гидроокислов для месторождений марганца, железа, олова, урана, хрома, алюминия;
- 2) *силикатные* – типичны для неметаллических полезных ископаемых (слюда, асбест, тальк и др.);
- 3) *сернистые* – в виде сульфидов, арсенидов, антимонидов; типичны для месторождений меди, цинка, свинца, никеля, сурьмы и других металлов;
- 4) *карбонатные* – характерны для некоторых месторождений железа, марганца, магния, свинца, цинка и меди;
- 5) *сульфатные* – типичны для месторождений бария, стронция и других элементов;
- 6) *фосфатные* – характерны для месторождений фосфора и связанных с ним соединений;
- 7) *галоидные* – типичны для месторождений солей и флюорита;
- 8) *самородные* (золото, платина).

По составу всей рудной массы, включая рудные и нерудные минералы, руды разделяются на кремнистые, силикатные, карбонатные, сульфидные, сульфатные, окисные, галоидные и органогенные (битумные).

### Контрольные вопросы:

1. Что такое руда?
2. Что такое рудные полезные ископаемые?
3. Что такое гипогенные и гипергенные образования?
4. Перечислите нерудные полезные ископаемые.
5. Назовите главнейшие типы руд.
6. Назовите известные месторождения полезных ископаемых Кыргызстана.



## Тема 5. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

**Геологические процессы** – это механические, химические и биохимические преобразования вещества земной коры. Все геологические процессы делятся на две группы: *эндогенные* и *экзогенные*.

**Эндогенными** называют процессы, происходящие внутри земли в результате проявления различных видов энергии – радиоактивного распада минералов, силы тяжести, преобразования вещества в глубинных зонах и вращения земли.

**Экзогенными** называют процессы, происходящие на поверхности земли или на небольшой глубине в результате проявления солнечной энергии, под влиянием силы тяжести, геологической работы морей, океанов, рек, льда, ветра и др.

Эндогенные и экзогенные процессы обычно проявляются и протекают одновременно, иногда дополняя друг друга. В некоторых случаях эндогенные процессы усиливают или ослабляют ход экзогенных процессов. Обычно эндогенные процессы создают наиболее крупные неровности земной поверхности, а действия экзогенных процессов, как правило, направленных на выравнивание поверхности земли, получили еще название **денудационных** процессов. В результате проявления геологических процессов формируется рельеф земной поверхности, образуются различные минералы, горные породы и полезные ископаемые (таблица 3).

Таблица 3 – Геологические процессы

Группы и типы процессов	Главнейшие геологические следствия	Важнейшие полезные ископаемые
1	2	3
Экзогенные		
Выветривание Работа ветра	Разрушение и изменение горных пород в поверхностных зонах земли; образование элювия, почв и мощных кор выветривания	Элювиальные (россыпи благородных и тяжелых металлов, силикатные руды никеля, бокситы, небогатые россыпи золота, титановых минералов, пески для строительства)
Работа рек	Смыв и размывание горных пород, образование аллювия	Аллювиальные (речные) россыпи золота, платины, алмазов, строительные материалы и др.

Группы и типы процессов	Главнейшие геологические следствия	Важнейшие полезные ископаемые
1	2	3
Работы подземных вод	Разрушение горных пород под поверхностью земли. Образование пещер, карсты, провалы, обвалы, оползни	Пресная и минеральная вода
Работа льда	Выпахивание (экзарация) и накопление ледниковых отложений	Крупных скоплений полезных ископаемых не образуется
Работа морей и озер	Разрушение побережий, значительная транспортировка обломочного материала, накопление морских и озерных осадков	Железные и марганцевые руды, фосфориты, бокситы, различные соли, нефть, газ, строительные материалы и др.
<b>Эндогенные</b>		
Тектонические	Образование поднятий и прогибов, различных разрывов земной коры; землетрясений, моретрясений	Создание условий для скопления многих полезных ископаемых (нефти, газа, металлов и др.)
Магматические	Эффузии (вулканы), интрузии; образование интрузивных и эффузивных горных пород	Многочисленные и разнообразные рудные и нерудные полезные ископаемые (железные, медные руды, алмазы, апатиты и др.)
Метаморфические	Видоизменение ранее образованных и формирование новых горных пород в глубинных зонах Земли	Графит, мрамор, кровельные сланцы, некоторые руды железа, меди и пр.

### Экзогенные процессы Выветривание горных пород

Горные породы, залегающие на поверхности земли, подвергаются различным преобразованиям, которые приводят сначала к изменению окраски и снижению механической прочности, а затем к разрыхлению и химическому видоизменению пород.

**Выветриванием** называется процесс изменения горных пород, происходящий под воздействием различных атмосферных агентов. Выветривание бывает трех типов – *физическое*, *химическое* и *органическое*, которые в природе часто происходят одновременно, дополняя друг друга и переплетаясь между собой.

Главными факторами **физического выветривания** являются колебания температуры (суточные, годовые, вековые) и замерзание воды, проникающей в трещины пород. Минералы, слагающие горные породы, при нагревании увеличиваются в объеме, при охлаждении уменьшаются, что приводит к возникновению внутренних напряжений и трещин. В результате физического выветривания горные породы растрескиваются, разрушаются с образованием обломков различной формы и величины.

Главными факторами **химического выветривания (разложения)** служат воздух, вода и различные растворы.

Наиболее подвержены процессам химического выветривания сульфидные, карбонатные и силикатные минералы. Типичным примером является процесс каолинизации, когда за счет иона *ОН* происходит гидролиз силикатов и образование минерала каолинита из полевых шпатов.

Для ортоклаза процесс каолинизации протекает по уравнению:



Подобное химическое выветривание приводит к обогащению каолинитом продуктов выветривания и образованию месторождений каолиновых (огнеупорных) глин.

Главными факторами **органического выветривания** являются действия растений, животных и человека. Например, корни растений, проникая в трещины горных пород, своим ростом раздвигают трещины и тем самым содействуют разрушению горных пород.

**Денудация** – совокупность процессов разрушения горных пород на поверхности земли и переноса продуктов разрушения в пониженные участки, где происходит их накопление. Это снос, удаление продуктов выветривания путем плоскостного смыва. К денудационным процессам относятся:

- 1) эрозия – разрушающая деятельность водотоков;
- 2) абразия – разрушающая деятельность океанов, морей и озер;
- 3) выпахивание – разрушающая деятельность ледников;
- 4) дефляция – выдувание и развевание – разрушающая деятельность ветра;
- 5) карст и суффозия – разрушающая деятельность подземных вод.

Денудационные равнины (пенеплен в понимании Девиса) – равнины, образованные в результате деятельного разрушения горной страны денудационными процессами. Имеют обычно сглаженный, слабо волнистый рельеф, среди которого выделяются небольшие возвышенности, уцелевшие от разрыва. В чистом виде денудационные равнины наблюдаются редко и небольшими участками. Это объясняется различной крепостью разрушенных пород и неравномерностью колебательных движений в различных участках земной коры.

**Аккумуляция** – накопление (осадконакопление, отложение) на поверхности суши или дне водного бассейна минеральных веществ или органических остатков. Различают аккумуляцию: эоловую, речную (аллювиальную), ледниковую, флювиогляциальную, вулканическую, морскую и пр.

### **Наблюдения над результатами процессов выветривания**

К процессам выветривания относятся элювий, курумы, органическое выветривание.

**Элювий** – продукты выветривания горных пород, которые накапливаются на месте своего образования и отличаются отсутствием слоистости и беспорядочной смесью обломочного материала различных размеров.

**Курумы** – каменные россыпи, каменный поток – поток каменных глыб, медленно сползающий по склонам гор под влиянием морозного сдвига, солифлюкции (стекания почвы грунта) и силы тяжести. Для их образования совсем не обязательно наличие крутого склона горы. Они возникают иногда на плоскостной поверхности, сами сглаживая ее неровности. Студенты в полевых условиях (учебно-геологическая практика) наблюдают и описывают результаты выветривания горных пород – элювиальные отложения, обращая особое внимание на следующие характерные признаки:

- 1) петрографический состав обломочного материала, например, граниты, зеленые хлоритовые сланцы и др.;
- 2) размер обломочного материала, выраженный в мм;
- 3) мощность, измеряемая в метрах;
- 4) цвет элювия.

Проводятся также наблюдения, описания и зарисовки (или фотографирование) результатов *органического выветривания* – разрушающей деятельности корневой системы в породах различного происхождения, роющей деятельности животных (грызунов) и распахивания почв человеком.

**Кора выветривания** – продукты выветривания горных пород, залегающие на месте своего образования или перемещенные на небольшом расстоянии, но не потерявшие связи с материнской породой. По времени образования различают современную кору выветривания или элювий и древнюю или ископаемую кору выветривания. Связанные с корой выветривания месторождения полезных ископаемых – каолины, алюминий, никель, железо, марганец и др.

**Работа ветра.** Ветер – один из наиболее могущественных природных факторов, изменяющих лик Земли. Процессы, связанные с деятельностью ветра называются эоловыми (Эол – Бог ветров в греческой мифологии).

**Геологическая деятельность ветра** связана с динамическим воздействием воздушных струй на горные породы и выражается в разрушении,

размельчении пород, *сглаживании* и полировке их поверхностей, перенесении (транспортировке) обломочного материала и отложении (аккумуляции) его на поверхности земли (континентов и океанов). Интенсивность эолового процесса зависит от типа и скорости ветра. При скорости ветра 4,5–6,7 м/с переносится пыль, 9,3–15,5 м/с – песок, 19 м/с – гравий, а во время сильных ураганов со скоростью ветра более 23 м/с может переноситься гравий.

Разрушительная деятельность ветра складывается из двух процессов – дефляции и коррозии.

Путем соприкосновения мощных воздушных струй ветер разрушает рыхлые или слабо сцементированные горные породы. Этот вид эолового разрушения носит название **дефляции**, что значит в переводе с латинского «выдувание» или «развевание».

Ветер переносит твердые частицы (песчинки), которые своими ударами также разрушают горные породы. Разрушительная работа ветра с помощью твердых частиц называется **коррозией** (лат. «*corrado*» – скоблю, соскребаю) – процесс механического истирания горных пород обломочным материалом, переносимым ветром. Заключается в обтачивании, шлифовании и высверливании горных пород.

В результате выветривания появляется причудливой формы рельеф: каменные грибы, ядраги и пр. (*каменный гриб в пустыне Сахара – Египет*).

Перенос материала ветром может осуществляться в следующих формах: перекачиванием, путем скачкообразных движений и во взвешенном состоянии.

Более крупными элементами рельефа являются щитовидные скопления песков, из которых образуются одиночные и групповые барханы, затем – в барханные цепи, барханные гряды и т. д.

Песчаные формы рельефа получают развитие не только в области пустынь и полупустынь, но и во внепустынных областях – прибрежных зонах океанов, морей, крупных озёр, долинах рек со слабым развитием растительности, на приледниковых равнинах, где также широко распространены рыхлые песчаные отложения (*дюны на побережье Северного моря*).

Такие песчаные отложения образуют дюны. Дюны могут перемещаться в направлении господствующего ветра со скоростью до 10 м в год, в зависимости от массы песка и скорости ветра. Самые высокие дюны находятся в *пустыне Намибии*. Самая большая дюна в Европе – Дюна в Пиле – расположена в бухте Аркашон во Франции.

**Геологическая деятельность рек.** Геологическая работа поверхностных текучих вод зависит от массы воды и скорости ее течения. Чем больше масса и скорость, тем больше совершаемая работа. Она складывается из *смыва, размыва (эрозии), переноса (транспортировки) и отложения (аккумуляции)* продуктов разрушения горных пород. Деятельность поверхностных вод, или водная денудация, имеет огромное значение в форми-

ровании рельефа. Она приводит к расчленению и в целом к понижению поверхности материков.

Реки производят огромную *денудационную* и *аккумулятивную* работу, существенно преобразуя рельеф. Питание рек бывает: снеговое, ледниковое, дождевое, смешанное, за счет подземных вод. Для каждой реки в течение года характерно чередование периодов высокого и низкого уровня воды. Состояние низкого уровня называется *меженью*, а высокого – *паводком* или *половодьем*. Движение воды в реках всегда турбулентное (беспорядочное, вихревое). В поперечном сечении потока максимальные скорости наблюдаются в наиболее глубокой части потока – стержне, а меньше – у берегов.

Мощные водные потоки производят большую *эрозионную*, *переносную* и *аккумулятивную* работу. Способность рек производить работу называют *энергией реки*.

В образовании речных долин главная роль принадлежит *эрозии*. Различают эрозию *донную*, или *глубинную*, направленную на врезание потока в породы, слагающие дно русла, и *боковую*, ведущую к подмыву берегов и, в целом, к расширению долины. Соотношение глубинной и боковой эрозии меняется на разных стадиях развития долины. В начальных стадиях преобладает глубинная эрозия, когда водный поток стремится выработать свой продольный профиль, который характеризуется значительными неровностями. Река стремится сгладить эти неровности применительно к уровню моря или озера, в которые впадает река. Уровень бассейна, куда впадает река, определяет глубину эрозии речного водного потока и называется *базисом эрозии*. Он является общим для всей речной системы.

Одновременно с эрозией реки при своем движении захватывают продукты разрушения (при выветривании или эрозии) горных пород и переносят их волочением по дну, во *взвешенном* состоянии, и в *растворенном* виде. Грубый обломочный материал усиливает донную эрозию, но и сам измельчается, истирается и окатывается, образуя гальку, гравий, песок.

Одновременно с эрозией и переносом происходит и отложение обломочного материала. Уже на первых стадиях развития реки при явном преобладании процессов эрозии и переноса на отдельных участках частично откладывается обломочный материал. Отложения, накапливающиеся в речных долинах в результате деятельности водного потока, называются *аллювиальными отложениями* или *аллювием*.

В полевых условиях (учебно-геологическая практика) производится наблюдение над современной геологической работой рек (р. Чу, в районе п.г.т. Кемин или Боомского ущелья). Здесь же студенты наблюдают меандры, речные террасы и ископаемые аллювиальные (речные) отложения.

**Меандры** (от названия Меандр в Малой Азии) – изгибы (излучины, петли), образованные рекой. Различают меандры врезанные или долинные, блуждающие или поверхностные.

**Терраса** – горизонтальная или слегка наклонная площадка на склонах местности, ограниченная уступом, обязанная своим происхождением экзогенным геологическим процессам. Террасы часто располагаются этажами друг над другом. В каждой террасе различают:

- 1) поверхность, почти горизонтальную или несколько наклонную;
- 2) нагорный склон, примыкающий к террасе сверху;
- 3) уступ или обрыв в сторону склона;
- 4) бровку или край – место примыкания площадки к нижерасположенному склону;
- 5) подошву – линию, ограничивающую террасу снизу.

Выделяют террасы: *речные, морские, озерные, нагорные и денудационные* или *структурные*. По строению различают *террасы размыва* или *структурные, аккумуляционные* и *смешанные*.

**Аллювиальные отложения, аллювий** – отложения, накапливающиеся в речных долинах в результате сноса, и отложения постоянным водным потоком рыхлых продуктов выветривания, а также разрушения горных пород самим потоком. Состоят из обломочного материала различной степени окатанности и сортировки. По крупности зерна эти отложения разделяются на галечник, гравий, песок, алеврит, суглинок, глину, обычно слоистые в зависимости от периодического изменения силы, скорости, мощности и направления водного потока. Для этих отложений характерна косая слоистость, образование которой обусловлено изменением водной струи.

**Аллювиальные равнины** – равнины, образующиеся при накоплении речных осадков в долинах рек или их устьях, а также в понижениях, возникающих при прогибании какого-либо участка земной коры, например, широкие террасы рек Волги и Днепра, Венгерская низменность. В устьях рек равнины представляют собой дельты, постепенно заполняющиеся морским заливом или лагуной – дельты Волги, Сырдарьи, Амударьи.

**Аллювиальные россыпи** – россыпи, приуроченные к аллювиальным отложениям. Располагаются в долинах рек и ручьев, вытянутых по долине. Являются главным источником добычи *ценных полезных ископаемых* – золота, платины, алмазов, касситерита (оловянный камень).

Наблюдение и описание аллювиальных (речных) отложений (учебно-геологическая практика) производится по следующей примерной схеме, с выделением отдельных пластов (слоев) осадочных пород:

- 1) название породы – галечник, гравий, песок (песчаник), глина и др.;
- 2) цвет породы – красный, бурый, серый, пятнистый и др.;
- 3) петрографический состав породы-гальки, граниты, зеленые (хлоритовые) сланцы, известняки и др. Примерное процентное содержание петрографических разновидностей галек, например, гранитов – 65–70 %; сланцев – 20–25 %; известняков – 10–20 %;
- 4) наличие косой слоистости;
- 5) мощность пласта породы, выраженная в м.

**Работа временных потоков.** *Временные потоки* отличаются от рек непостоянством, эпизодичностью своего функционирования. Такие потоки формируются после сильных дождей или во время таяния снега, и быстро прекращают своё существование. Соответственно, как ход их эрозионной деятельности, так и процессы транспортировки и седиментации в них характеризуются своими особенностями. В результате и формы рельефа, создаваемые временными потоками, морфологически отличны от речных долин, и формирующиеся отложения по основным особенностям строения не похожи на *аллювий*.

Различают два типа временных потоков: *собственно водные потоки* и *грязевые потоки (сели)*. Отличие селей в том, что в составе такого потока существенная часть приходится на долю обломочных частиц (до 75 % объёма потока). Соответственно, такой поток обладает многократно большей разрушительной силой. Условия для возникновения селей возникают обычно в горных районах после обильных дождей, особенно если склоны гор сложены рыхлыми, неустойчивыми грунтами. При этом селевый поток, возникший в горах, может спускаться и на предгорную равнину, распространяясь вдоль речной долины или оврага на десятки и даже сотни километров от места своего возникновения. Из-за огромной разрушительной способности сели представляют большую угрозу для жизни и хозяйственной деятельности людей.

Селевые явления на территории Кыргызстана – нередкие случаи в весенне-летний период, наносят огромный ущерб (21 июля 2002 г. в 25–30 километрах от Бишкека сошел сель по руслу реки Ала-Арча). В результате грязекаменных потоков было снесено 6 мостов, разрушен и затоплен дачный поселок. Катастрофа нанесла серьезный экономический ущерб. Ежегодно сход селей происходит в районе п.г.т. Каджисай (Южный берег Иссык-Куля), загрязняя нашу «жемчужину». Селевые потоки, разрушительные оползни периодически происходят и на юге Кыргызстана. Поэтому в потенциально селеопасных районах должны проводиться постоянные наблюдения и мероприятия по защите от селевых потоков.

В полевых условиях (учебно-геологическая практика) студенты производят наблюдения, а также делают описание и зарисовки (фото) современных селевых отложений, коллювия, делювия, а также денудации (район обогатительной фабрики, дорога с. Ильич – п.г.т. Актюз).

**Коллювий** (Хильгард, 1892) – обломочный материал, смещенный под действием силы тяжести, и накопленный на склонах гор и у их подножий (осыпи, оползни, обвалы).

Однако четкого разграничения терминов и понятий *делювия* и *коллювия* нет, так как их образование часто происходит под совместным действием силы тяжести и воды.

**Делювий** (А.П. Павлов, 1890) – (лат. «смываю») – скопление на склонах и у подошвы (основания) возвышенностей и гор продуктов выветривания, смытых сверху вниз дождевыми и талыми снеговыми водами, а также сползших под влиянием силы тяжести, морозного сдвига и текучести грунта (*солифлюкции*). Слагается беспорядочными обломочными материалами – глинами, песками и глыбами различной размерности.

Наблюдение, зарисовки (фото) и описание коллювиальных и делювиальных отложений производится по следующей схеме:

- 1) цвет пород – бурый, серый, красный и др.;
- 2) петрографический состав обломочного материала, выраженный в процентах, например, граниты – 70–75 %; зеленые (хлоритовые) сланцы – 10–15 %; глины – 10–20 %;
- 3) размер обломочного материала, выраженный в мм, например, глинистые частицы размерностью менее 0,1 мм; алеврит – 0,1–0,01 мм; песок – 1,0–50,0 мм; валуны и глыбы – 200 мм;
- 4) размеры, выраженные в метрах. Истинная (по вертикали) мощность и мощность по простиранию.

**Работа подземных вод.** *Подземные воды* – это воды, находящиеся в горных породах земной коры. Они заполняют поры, пустоты в обломочных породах, а также карстовые пустоты в карбонатных, гипсовых и галоидных породах.

**Геологическая работа подземных вод** носит физико-химический характер и заключается в растворении и выщелачивании части горных пород, участии в гидрохимических реакциях (гидратации) с окружающими минералами и горными породами. В результате работы подземных вод образуются карсты, пещеры, обвалы, оползни, пустоты.

**Карст** (по названию известнякового плато Карст на северном побережье Адриатического моря в Югославии) – совокупность явлений, связанных с деятельностью воды и выражающихся в растворении горных пород и образовании в них пустот. Образуются отрицательные формы рельефа: кары, колодцы, шахты, воронки, долины, пещеры, карстовые речные долины (слепые и мешкообразные), подземные карстовые каналы.

**Карры, карровые поля** – система острых гребешков и шипов, разделенных бороздами, возникающих на поверхности известняковых скал в результате растворяющего действия стекающих струй атмосферной воды, достигают глубины от нескольких см до 2 м и более.

**Поля (полье)** – обширные замкнутые котловины, образующиеся от слияния карстовых воронок, с ровным дном и крутыми склонами высотой иногда до нескольких сотен метров. По дну поля, покрытому наносами, протекает речка или ручей, поглощаемые понорами.

**Поноры (сере)** – карстовые воронки, карстовые полосы, поглощающие поверхностную воду и уводящие ее в глубину закарстованных пород.

**Карстовый ландшафт** – каменистая, безводная, голая или покрытая скудной растительностью поверхность, изрезанная (изборожденная) каррами, сухими долинами, воронками, полями.

**Суффозия** – вымывание и вынос пылеватых частиц в рыхлых горных породах подземными водами, вызывающие оседание вышележащей толщи с образованием на поверхности западин, небольших воронок и блюдец. Часто наблюдается в лесах и лессовидных грунтах.

Наблюдение и описание (учебно-геологическая практика), зарисовки, фото результатов деятельности подземных вод (район Иссык-Ата, полигон Кегеты) производится по следующей схеме:

- 1) местоположение карста, пещеры и др.;
- 2) размытые горные породы – гипсовые, карбонатные, соленосные и глинистые;
- 3) размеры в длину, ширину, высоту в м;
- 4) форма карста, пещеры, обвала и др.;
- 5) наличие и минеральный состав сталактитов и сталагмитов, их размеры;
- 6) соленосность подземных вод, взятые пробы.

**Работа ледников.** Геологическая работа ледников заключается в разрушении, переносе (транспортировке) и аккумуляции (отложении) осадочного материала, в результате чего образуются моренные отложения.

**Моренные отложения (морены)** – весь обломочный материал от тонких частиц пыли, глины до крупных валунов, попадающих в тело ледника и откладываемых ледниками.

**Моренный рельеф** – равнинный и холмистый рельеф, возникающий в результате неравномерного накопления моренного материала, а также ледникового выпахивания при вторичном надвигании ледника на ранее образованные ледниковые отложения.

**Троговая долина, ледниковая долина** – эрозионная долина, разработанная ледником, имеющая в поперечном сечении форму корыта с крутыми склонами и вогнутым дном.

**Флювиогляциальные отложения, водно-ледниковые отложения** – отложения талых ледниковых вод, образующиеся перед ледниковыми отложениями, представленные галечными и галечно-песчаными материалами, постепенно переходящими в пески и песчано-алевритовые глины. Слагают поля, террасы и большие конусы выносов в виде предгорных шлейфов (полос) в горах и предгорьях.

**Геологическая деятельность озер и болот.** Озера представляют собой заполненные водой впадины на поверхности суши, имеющие различное происхождение. В озерах накапливаются механические, химические и органические осадки. Механические осадки представлены галечниками, гравием, песком (песчаником) и алеврито-глинистыми породами. Химические

осадки образуются, главным образом, в соленых озерах, где происходит осаждение галоидов, сульфидов и углекислой извести (кальцита), железных и алюминиевых (бокситовых) руд.

**Органогенные осадки** (озерные ракушечные известняки) образуются в результате накопления на дне озер твердых скелетных частей организмов. Наблюдаются также кремнистые озерные органогенные отложения – озерные трепелы и диатомиты. Часто в пресных озерах широко распространены органические осадки – гниlostные илы или сапропели.

В болотах образуется торф, каменный уголь.

## Эндогенные процессы

**Эндогенные** (магматогенные, глубинные, гипогенные) процессы – это геохимические процессы глубинных частей земной коры и более глубоких сфер.

Основным фактором является *внутренняя энергия Земли*. Высокая температура – результат радиоактивного распада химических элементов в магме и земной коре, давление – за счет гравитации, селективного распределения вещества в теле земного шара, наиболее плотное вещество – в ядре.

Наиболее отчетливо эндогенные процессы проявляются в следующих ситуациях: при *магматизме, землетрясении, колебательных движениях земной коры, а также складчатых и разрывных дислокациях*.

**Магматизм** – это процесс движения магмы к поверхности земли. Магматизм может быть *интрузивным* (глубинный или плутонизм) и *эффузивным* (поверхностный или вулканизм).

Магматические горные породы, образовавшиеся из жидкого расплава – магмы, играют огромную роль в строении земной коры. Эти породы сформировались разными путями. Крупные их объемы застывали на различной глубине, не дойдя до поверхности, и оказывали сильное воздействие на вмещающие породы высокой температурой, горячими растворами и газами. Так образовались *интрузивные* (лат. «интрузио» – проникаю, внедрять) тела.

Если магматические расплавы вырывались на поверхность, то происходили извержения вулканов, носившие в зависимости от состава магмы спокойный, либо катастрофический характер. Такой тип магматизма называют *эффузивным* (лат. «эффузио» – излияние).

Нередко извержения вулканов носят взрывной характер, при котором магма не изливается, а взрывается и на земную поверхность выпадают тонко-раздробленные кристаллы и застывшие капельки стекла – расплава. Подобные извержения называются *эксплозивными* (лат. «эксплозио» – взрывать).

Поэтому, говоря о магматизме (греч. «магма» – пластичная, тестообразная, вязкая масса), следует различать *интрузивные процессы*, связанные с образованием и движением магмы ниже поверхности земли,

вулканические процессы, обусловленные выходом магмы на земную поверхность. Оба эти процесса неразрывно связаны между собой, а проявление того или другого из них зависит от глубины и способа образования магмы, ее температуры, количества растворенных газов, геологического строения района, характера и скорости движений земной коры и т. д.

**Выделяют магматизм:** геосинклинальный, платформенный, океанический, магматизм областей активизации.

*По глубине проявления:* абиссальный, гипабиссальный, поверхностный.

*По составу магмы:* ультраосновной, основной, кислый, щелочной.

В современную геологическую эпоху магматизм особенно развит в пределах Тихоокеанского геосинклинального пояса, срединно-океанических хребтов, рифтовых зон Африки и Средиземноморья и др. С магматизмом связано образование большого количества разнообразных месторождений полезных ископаемых.

Если жидкий магматический расплав достигает земной поверхности, происходит его извержение, характер которого определяется составом расплава, его температурой, давлением, концентрацией летучих компонентов и другими параметрами. Одной из самых важных причин извержений магмы является ее дегазация. Именно газы, заключенные в расплаве, служат тем «движителем», который вызывает извержение. В зависимости от количества газов, их состава и температуры они могут выделяться из магмы относительно спокойно, тогда происходит изливание – *эффузия* лавовых потоков. Когда газы отделяются быстро, происходит мгновенное вскипание расплава и магма разрывается расширяющимися газовыми пузырьками, вызывающими мощное взрывное извержение – *эксплозию*. Если магма вязкая и температура ее невысока, то расплав медленно выжимается, выдавливается на поверхность, происходит *экструзия* магмы.

Таким образом, способ и скорость отделения летучих определяют три главные формы извержений: **эффузивное, взрывное и экструзивное**. Вулканические продукты при извержениях бывают жидкими, твердыми и газообразными.

Жидкие вулканические продукты представлены *лавой* – *магмой*, вышедшей на поверхность и уже сильно дегазированной. Термин «*лава*» произошел от латинского слова «*лавер*» (мыть, стирать) и раньше лавой называли грязевые потоки. Главные свойства лавы – химический состав, вязкость, температура, содержание летучих компонентов – определяют характер эффузивных извержений, форму и протяженность лавовых потоков.

**Колебательные движения земной коры.** Колебательные движения происходят очень медленно. Поднятие происходит на несколько миллиметров в год.

**Складчатые и разрывные дислокации.** *Складчатость* – это все неровности земной коры – *орогенез*. Разрывные дислокации происходят в результате движения. Наиболее подвижные складчатые области называются

геосинклинальными. Участки со слабой тектонической активностью называются платформами.



Движение магмы интрузивное (плутонизм) и эффузивное (вулканизм) на протяжении сотен миллионов лет явились причиной развития геосинклинальных (складчатых) и платформенных областей в совокупности всех геологических процессов.

Следствием работы магмы являются вулканические извержения и землетрясения.

Примеры магматических пород: гранит, диорит, базальт, сиенит, габбро, пегматит, дунит, обсидиан и др.

**Вулканизм.** Движение магмы внутри Земли иногда приводит к прорыву ее на поверхность и извержению магматического вещества вместе с газами, парами воды, теплом и обломками вмещающих пород на поверхность земли. Иногда газовой-жидкая составляющая таких извержений образует отдельные изливания на поверхность земли минерализованной горячей воды (фумаролы).

На Земле находится 800 действующих вулканов и еще 16 000 – на дне Мирового океана. В Антарктиде 9 действующих вулканов, на островах Тихого океана (Гавайских, Галапагос, Хуан-Фернандес и других районах) – 15

В период извержения вулкана столб раскаленных обломков породы, пепла и газов иногда достигает высоты в 80 км. При этом все пробы вулканических газов содержат от 80 до 90 % воды. Около 70 % вулканов – в Тихоокеанском огненном кольце: на островных дугах (Алеутская, Курильская, Японская, Филиппинская, Тонга-Кермадек, Зондская – острова Индонезийского архипелага).

Активные окраины материков – запад Северной Америки, Мексика, Центральная Америка, Анды на западном побережье Южной Америки.

Очаги вулканов располагаются на глубине 400–500 км (сейсмофокальные зоны); субдукции – погружения океанической коры под континентальную литосферу (более легкую, состоящую преимущественно из гранитных пород) вызывают плавление верхней мантии на глубине 150–200 км.

Вулканы бывают *центрального типа*, когда лава изливается из центрального жерла (вулкан конической формы с кратером посередине); *линейно-гнездового типа* – отдельные эруптивные центры (взломанные с дроблением пород вулканической постройки), сгруппированные в «гнезда» и расположенные на некотором расстоянии друг от друга, образуя вулканический хребет; *подводные вулканы* – изолированные конические подводные возвышенности округлых или овальных форм. В настоящее время

зафиксировано более ста действующих подводных вулканов. Извержение таких вулканов характеризуется изменением температуры, состава воды и появления на поверхности продуктов вулканического извержения.

Вулканы действуют периодически и разделяются на следующие группы:

- 1) действующие вулканы (вулканы Камчатки, Курильские острова);
- 2) уснувшие вулканы (Эльбрус, Арарат и некоторые другие вулканы Кавказа);
- 3) потухшие вулканы (Закарпатье, Дальний Восток, Кавказ).

Характер извержения вулканов зависит от состава лавы, от наличия и количества газов, от глубины расположения магматического очага. Магма основного состава является жидкой и очень подвижной, содержит небольшое количество газов. Извержение такой лавы происходит спокойно. Магма кислого состава – вязкая и малоподвижная, извержения сопровождаются выбросами большого количества газов и большими разрушениями.

**Продукты вулканической деятельности** – *эффузивные магматические породы*: базальты, андезиты, пемзы, обсидиан, липарит, трахит; *осадочные пирогенные породы*: вулканический туф (из пепла); «черные курильщики» – глубоководные сульфидные постройки размером с футбольное поле, высотой до 60 м, со своей экосистемой без доступа солнечного света.

*Вулканический пепел* – рыхлая порода с частицами меньше 2 мм; лапилли – меньше 7 см; вулканические бомбы – более 7 см, вылетают в виде брызг расплава, быстро остывая, образуют «хлебные корки»; пемза – легкая кислая порода, не тонет в воде.

Состав газовой составляющей продуктов извержения:  $H_2O$  – 95–98 %, частично ювениальной (молодой магматической), часть вадозной – атмосферной;  $CO_2$  на втором месте,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $HCl$ , менее распространена  $HF$ , аммиак  $NH_3$ ,  $CO$ . Место выхода газов – фумаролы, температура 40–1000 °С, иногда действует в течение тысяч лет.

Извержения вулканов почти всегда сопровождаются грозовыми явлениями: столб дыма, пепла, горячих газов и воды вспаривают молнии в разных направлениях.

Есть вулканы, извергающиеся на протяжении нескольких лет. Вулкан Килауэа (Гавайи) извергается более 15 лет. Вулкан Пакайя (Гватемала) извергается в течение 10 лет. Разрушительная сила извержений вулканов огромна, периодически эта стихия уносит многочисленные жертвы. Самое мощное извержение века – в Колумбии в 1985 году. Сначала были грязевые оползни в 130 км от вулкана, извержение спровоцировало таяние ледников, что в свою очередь вызвало грязевые оползни. Погибло 26 000 человек.

На острове Монсеррат вулкан Суфриер – возможно самый опасный в мире. В 1996 году начались сильные толчки, пирокластические потоки со скоростью 250 км/ч, камни, газы, пепел, все это произошло очень быстро. Ядовитые газы отравили все живое. В результате очередного извержения может погибнуть весь остров.

Вулкан Этна (о. Сицилия) – известно более 1600 серьезных извержений, одно из них унесло 16 000 человек. Температура лавы более 1000 °С, скорость движения лавового потока около 5 км/ч. Вулкан действует постоянно, каждое извержение непредсказуемо и неповторимо, апельсиновые и оливковые рощи – главный источник дохода местных жителей – постоянно подвергаются уничтожению, но люди не покидают это опасное место. Вулканические почвы очень плодородны, что позволяет быстро восстановить сельхозугодия.

Странная привязанность жителей к опасным околвулканическим местам наблюдается повсеместно. На Камчатке несколько «живых» вулканов и местные жители приспособляются к их нраву. Дикие медведи идут на склоны остывшего после извержения вулкана и едят лаву, содержащую необходимые для них «минеральные добавки».

Извержения вулкана Тамбора (Индонезия) в 1916 году повлияло на климат всей планеты – в июне-июле шел снег. Самые коварные вулканы наблюдаются в «стране огня и льда» – Исландии. Сегодня в Исландии представляет угрозу вулкан Ватна-Йогу под ледником. Такое опасное положение Исландии обусловлено тем, что этот большой остров находится в районе встречного движения двух тектонических плит, вулканологи ожидают очень мощное извержение. Исландская вулканическая зона относится к типу вулканизма «мантийные плюмажи».

С недавних пор возник интерес к еще одной своеобразной разновидности вулканов – «черным курильщикам». Из 16 000 известных подводных вулканов (на дне Мирового океана) обнаружилось сульфидные вулканы в глубоких океанических впадинах. В феврале 1977 г. американский глубоководный аппарат «Элвин» открыл у Галапагосских островов подводные термы с температурой раствора около 400 °С. В условиях высокой температуры и огромного давления (около 10 000 атм) соли серы, марганца, хрома, никеля, растворенные в гидротермах, превращаются в сульфиды, которые образуют высокие узкие постройки, вокруг которых кипит жизнь – в гигантских трубках обитают красные червеобразные существа длиной до 3 м; вокруг в воде находятся специфические сульфидные бактерии, за счет которых обитают другие живые существа.

Открытие этой формы жизни (альтернативы жизни за счет фотосинтеза) дает шанс открыть жизнь на других планетах. Эта форма жизни обнаружена на глубине 3000–4000 м, реакции «черных курильщиков» – сероводород, у многих животных есть гемоглобин и белок, бактерии находятся как в мешке, внутри этих организмов и переваривают сероводород.

Подобные условия существуют в других местах, например, в Марианской впадине глубиной 10 960 м, где в 1997 г. американские ученые проводили исследования и опускали автоматическую платформу на кабель-тросах, снабженную мощными прожекторами, телекамерами и микрофонами. Через несколько часов снижения, когда еще не было достигнуто дна,

на телекамерах промелькнули силуэты неких живых существ длиной более 10 м, в то же время микрофоны передали звуки, напоминающие распиливание металла, грохот отваливающихся кусков платформы. Срочно подняли то, что осталось и увидели, что сверхпрочные стальные конструкции платформы и кабель-тросы были разрезаны на куски.

Подобные факты говорят о том, как мало мы знаем о планете, на которой живем и сколько впереди загадок и открытий!

Вулканы называют огненным дьяволом, но у них есть и мирные профессии: *вулканический туф* – легкий, красивый и теплый строительный камень; *термальные вулканические источники* – могут быть источниками тепла и электроэнергии в жилищах; *подземная вода* – может быть источником тепла для теплиц; *минерализованные термальные воды* – могут быть основой для санаториев и домов отдыха; и, наконец, вулканы создают многие *полезные ископаемые*.

Возвращаясь к теме «Вулканы» можно констатировать, что следствием извержения вулканов могут быть сотрясения и деформация участков земной коры на поверхности и океаническом дне, землетрясения и цунами, несущие дополнительные разрушения.



**Землетрясения.** Землетрясение – это колебание земли, вызванное внезапным освобождением потенциальной энергии земных недр, чаще всего тектонического происхождения, или движение земной коры, при котором возникают тектонические нарушения и смещения горных пород.

Напряжения, вызванные тектоническими силами, накапливаются в течение длительного времени (десятки и сотни лет).

Освобождение энергии сопровождается разрывом и смещением твердого вещества в очаге землетрясения и обратимыми деформациями горных пород за пределами очага, который распространяется в виде упругих колебаний.

Основным толчкам предшествуют *форшоки*, после них – последующие *афтершоки*.

Ежегодно на земле происходят сотни тысяч весьма слабых толчков, тысячи толчков – более значительной силы, десятки – сильных и в среднем около 1 – катастрофическое, при котором возникают собственные колебания земли – пульсация земного шара с периодом в десятки минут.

Очаги землетрясений группируются преимущественно в подвижных поясах Земли, разделенных устойчивыми зонами (на Тихоокеанский пояс приходится 80–90 % землетрясений, но даже на кристаллических щитах регистрируются слабые землетрясения). Интенсивность оценивается по 12-бальной шкале Медведева и по шкале магнитуд.

Существует постоянно действующая сеть сейсмологических станций с чувствительной аппаратурой (например, сейсмостанция г. Бишкек). *Сейсмограф* – прибор для измерения землетрясения (построен по принципу маятника), способной отметить колебания грунта с амплитудой в несколько ангстрем ( $\text{Å} = 0,1 \text{ нм}$ ). Чаще всего бывают горизонтальные сдвиги.

Перед землетрясением увеличивается эманация газов: радона (Rn) и гелия (He), поэтому при наличии датчиков на эти газы можно прогнозировать землетрясение за 2–3 суток.

Важным прогнозирующим фактором может быть поведение диких животных – массовая миграция змей, беспокойное поведение лошадей, овец и собак, особенно непосредственно перед толчками.

Нередко сотрясениям подвергается *морское дно* (моретрясение). Колебания морского дна вызывают волны высотой в несколько десятков метров (*цунами* – *тсунами* – японские систематические волны).

В 2004 году 26 декабря произошла катастрофа, которая унесла жизни 150000 человек в нескольких странах Юго-Восточной Азии и Африки. Уникальность этого землетрясения состояла в том, что размер очага превышал 1000 км, в мгновение 15–20 м сдвинулась Индо-Австралийская тектоническая плита, вызвав огромные цунами, разошедшиеся в разные стороны. Этот очаг был силой 9 баллов у берегов о. Суматра на дне Индийского океана. Свидетели обрушения гигантской волны видели, как за несколько секунд вода отхлынула на сотни метров, а потом с ужасающей силой мощным фронтом обрушилась на берег, затопив сушу на километр вглубь. Больше всего пострадала Индонезия – 80 тыс. жертв, Шри-Ланка – 28 тыс., Индия – 13 тыс., в основном жители Андаманских островов. Интересно то, что во время этой катастрофы среди погибших не было животных, они заблаговременно ушли подальше от берега.

На сегодняшний день человечество не владеет технологией, способной предотвратить последствия извержений вулкана или землетрясения. Мы не в силах пока создать барьер массе воды в 500 миллиардов тонн или остановить волну, мчащуюся со скоростью 500 миль в час. Единственно возможная мера спасения людей – эвакуация из опасных зон.

Территория Кыргызстана принадлежит к числу наиболее активных в сейсмическом отношении регионов на планете, где в год происходит до 1500 толчков различной силы. Высокая сейсмичность обусловлена активностью тектонических процессов и сложной геолого-тектонической обстановкой.

**Метаморфизм.** Метаморфизм (греч. «*metamorphoómai*» – подвергаюсь превращению, преображаюсь) – процесс твердофазного минерального и структурного изменения горных пород под воздействием температуры и давления в присутствии флюида. Выделяют *изохимический метаморфизм* – при котором химический состав породы меняется несущественно,

и *неизохимический метаморфизм (метасоматоз)*, для которого характерно заметное изменение химического состава породы в результате переноса компонентов флюидом. Основные факторы метаморфизма – температура, давление и флюид.

Эндогенный метаморфизм подразделяется на *региональный* и *контактовый*.

*Региональный метаморфизм* обусловлен подъемом больших магматических масс, находящихся на значительной глубине. Этот процесс происходит при больших давлениях, поэтому в результате регионально-го метаморфизма образуются метаморфические сланцы (филлиты, слюдяные сланцы, гнейсы, амфиболиты, пироксен-плагиоклазовые сланцы, эклогиты), кварциты и мраморы. Этому типу метаморфизма подвергаются геосинклинальные вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные отложения в ходе эволюционного развития складчатых поясов. Различаются ранний (догранитный) метаморфизм собственно геосинклинальной стадии развития подвижных зон и последующий метаморфизм орогенной стадии, связанный с развитием мигматитов и гранито-гнейсовых куполов. С метаморфизмом связывается разуплотнение глубинных зон земной коры и подстилающей её мантии, ведущее к орогенному воздыманию и эрозии складчатых поясов.

*Контактовый метаморфизм* происходит в непосредственной близости от интрузий или экструзий магм под воздействием на вмещающие породы отделяющихся от них флюидов и тепла. Контактное воздействие при очень высокой температуре приводит к метаморфизму, сопровождаемому частичным плавлением глинистых пород, и образованию роговиков, содержащих богатое водой стекло, иногда с перлитовой структурой. Метаморфизм всегда сопровождается существенными изменениями химического состава пород, в тех случаях, когда эти изменения касаются главных образующих летучих компонентов ( $H_2O$ ,  $CO_2$  и др.).

*Метаморфогенные процессы* – это процессы сложного преобразования эндогенных и экзогенных продуктов при изменении термодинамических условий, обусловленном внедрением магматических тел или погружением экзогенных пород на глубину.

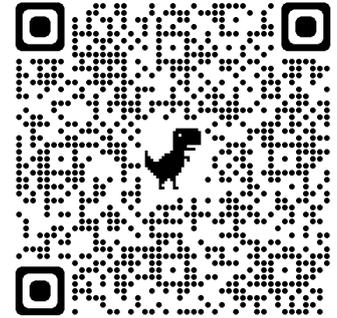
Для метаморфогенного процесса характерен привнос тепла в диапазоне температур от 1100–850 до 400–300 °С и при давлении от одной до 20 000 атм.

С метаморфогенными процессами связано образование так называемых жил *альпийского типа*. Они возникают путем выполнения трещин веществом, содержащимся во вмещающих породах. Образование жил альпийского типа происходит в конечную стадию метаморфизма за счет пропитавшей породу горной влаги.

Примеры метаморфических пород: *гнейс, слюдяной сланец, мрамор, кварцит и др.*

### Контрольные вопросы:

1. Дайте определение термина «выветривание».
2. Какие главные процессы происходят при химическом выветривании горных пород, и какие условия для них наиболее благоприятны?
3. Что такое элювий и кора выветривания?
4. Что такое делювий?
5. Что такое суффозия, меандры, терраса, дефляция, пролювий?
6. Магматизм – это....
7. Что такое метаморфизм?



## Тема 6. НЕФТЬ И ГАЗ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

*Нефть, газ и продукты их преобразований, находящиеся в недрах Земли, представляют собой сложную систему растворенных друг в друге органических компонентов, включающих до 900 индивидуальных веществ.*

**Нефть** – маслянистая, часто смолистая жидкость, как правило, окрашенная примесями в различные цвета, флюоресцирующая на свету.

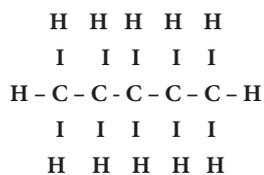
Основные химические элементы, из которых состоит нефть:

83–87 % углерода (C),  
12–14 % водорода (H),  
до 7 % серы (S).

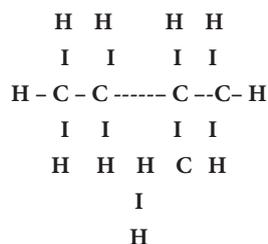
Серa обычно присутствует в виде сероводорода, или меркаптанов. Она встречается не часто, но является очень вредной примесью, так как усиливает коррозию металлов и вредна для людей. Также в нефтях присутствует до 1,7 % азота – совершенно безвредного газа. В виде разнообразных соединений встречается до 3,5 % кислорода. В очень небольших количествах в нефтях обнаружены металлы – ванадий, никель, железо, свинец.

Соединения (минералы) нефти чрезвычайно разнообразны. Они могут формировать цепочки разной длины. Такие углеводороды называются *парафиновые* (предельные, или углеводороды метанового ряда – метан, этан и т. д.), имеющие общую формулу  $C_n H_{2n+2}$ , где  $n$  число атомов углерода. Парафиновые углеводороды бывают *нормальные* и *изопарафины* (образующие не цепи, а решетки) (рисунок 2). При  $n$  от 1 до 4 парафиновые углеводороды являются газами, при  $n$  от 5 до 15 – жидкостями, а при больших цепочках твердыми веществами – парафинами.

Температура плавления парафинов при нормальных давлениях – 50–60 °С. В пласте парафины обычно находятся в растворенном состоянии, но при разработке могут выпадать в виде кристаллов, закупоривая поры, и создавая другие проблемы при эксплуатации залежи.



Пентан



Изопентан

Рисунок 2 – Примеры структуры углеводородов парафинового ряда

**Нафтеновые** углеводороды (**цикланы**) имеют формулу  $C_nH_{2n}$ . Нафтены улучшают эксплуатационные свойства бензинов и масел, являются сырьем для получения ароматических углеводородов.

**Ароматические углеводороды (арены)** имеют формулу  $C_nH_{2n-6}$ . Они обладают хорошей растворяющей способностью, но высокотоксичны.

Чистые, без примесей, газы не имеют запаха, а жидкие углеводороды пахнут приятно для каждого нефтяника. Неприятный запах углеводородам придают разнообразные примеси, главным образом меркаптаны.

*Физические свойства нефтей различны, меняясь в зависимости от химического состава, температуры и давления, а также от растворенного в нефти газа.*

**Температура кипения различных нефтей** меняется от 30 до 600 °С в зависимости от их химического состава. На этом свойстве основана разгонка нефтей на фракции.

**Вязкость** нефтей различна и непостоянна – она сильно зависит от температуры, уменьшаясь при ее повышении. На этом свойстве основаны методы добычи нагретом и паром.

**Поверхностное натяжение** нефтей также бывает различным, но всегда меньшим, чем у воды. Это свойство используется для вытеснения нефти водой из пор пород-коллекторов.

Нефть – **диэлектрик**, что используется в электрокаротаже.

**Теплота сгорания** – до 45 500 Дж/кг (каменный уголь 33 600 Дж/кг), 1 см<sup>3</sup> нефти способен вскипятить полстакана воды. Нефть – сгусток энергии, видимо, поэтому до сих пор человечество никак не выполнит завет Д.И. Менделеева: «Нефть не топливо, топить можно и ассигнациями».

**Растворимость** газа в воде доходит до 10 м/м, в нефти – до 50 м/м. Критическая температура для метана 83 °С.

**Оптические свойства нефтей.** Чистые, без примесей углеводороды бесцветны, цвет нефтям придают примеси, в основном – смолы.

**Плотность** нефти колеблется от 0,77 до 1,1 г/см<sup>3</sup>. Чаще всего встречаются нефти с плотностью 0,82–0,92 г/см<sup>3</sup>. В пласте ее значения меньше, чем на поверхности, за счет присутствия газа. Плотность нефти измеряется как в г/см<sup>3</sup>, так и в °API.

**Люминесценция** – свечение под действием облучения – неотъемлемое свойство нефтей и продуктов их преобразования. Люминесцируют не чистые вещества, а их растворы, главным образом смол. На люминесцентных свойствах соединений нефти основан ряд эффективных и простых методов их исследования.

**Природные газы** – это углеводородные растворы, имеющие в атмосферных условиях газообразное состояние. Природные газы находятся в Земле в различном состоянии: свободные в атмосфере и в газовых залежах, растворенные в водах, сорбированные, окклюдированные, в виде твердых растворов (газогидраты) (Баженова, 2000). Газы, растворенные в нефти и выделяющиеся при разработке, называются **попутными**.

Основными компонентами природного газа являются углеводороды от метана (основная доля) до бутана. Кроме того, природные газы включают углекислый газ, азот, сероводород, инертные газы. По соотношению метана и других компонентов, природные газы делятся на **сухие**, состоящие преимущественно из метана – 85 % и содержащие менее 10 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> конденсата, **тощие** (содержащие 10–30 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> конденсата) и **жирные** (30–90 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> конденсата).

Свойства газов на поверхности и в пластовых условиях отличаются. На растворимость природного газа влияют температура, давление, состав газа и нефти. Растворимость газа в нефти повышается с ростом давления, понижением температуры, растет в ряду C<sub>1</sub> – C<sub>4</sub>, и с уменьшением плотности нефти. Давление, при котором данная нефть полностью насыщена газом, называется **давлением насыщения**. Если давление в залежи падает, то газ выделяется в свободную фазу.

Неуглеводородными компонентами, часто присутствующими в месторождениях природного газа, являются сероводород и гелий

**Сероводород (H<sub>2</sub>S)** – бесцветный горючий высокотоксичный газ с характерным резким запахом. При концентрации его в воздухе более 0,1 % можно умереть, предельно допустимое его содержание в воздухе – 0,01 мг/л. В природных газах содержание сероводорода редко превышает 1 %.

**Гелий (He)** – благородный (химически инертный) газ без цвета и запаха. Среднее содержание гелия в земной коре 1·10<sup>-6</sup> вес%, в атмосфере 5,2·10<sup>-4</sup> об%, в природных газах содержание гелия достигает 18 об%, в попутных – 0,5 %. Гелий – ценнейшее химическое сырье.

**Газогидрат** (газовый клатрат) – соединение метана с водой, имеющее облик подтаявшего льда. Область его устойчивости при нормальном давлении – до –4 °С. Кристаллическая решетка клатратов построена из молекул воды, во внутренних полостях которых находятся молекулы газа, образуя

щего гидрат. Незаполненная газом решетка существовать не может, чем отличается ото льда. Техногенные газогидраты, образующие пробки в газопроводных скважинах и стволах, известны более 150 лет (запланирован проект по разработке эффективного метода поисков, разведки и экологически безопасного освоения залежей газогидратов оз. Иссык-Куль).

## Происхождение нефти и газа.

### Концепции неорганического происхождения нефти

Идея возможности неорганического происхождения нефти была выдвинута в XIX веке замечательным естествоиспытателем А. Гумбольтом. Позднее популярность неорганической теории была связана с авторитетом Д.И. Менделеева и с привлекательностью космических идей В.Д. Соколова. Позднее концепции неорганического происхождения развивались петербургским геологом Н.А. Кудрявцевым, киевским исследователем Б.Н. Кропоткиным, а также зарубежными учеными – К. Мак-Дерматом, Ф. Хойлем и др.

Наиболее широкую известность получила теория, сформулированная Д.И. Менделеевым. По его мнению, вода, проникая по разломам в глубинные недра Земли, вступает во взаимодействие с карбидами металлов. Образовавшиеся при этом взаимодействии углеводородные пары по тем же разломам поднимаются в верхние части земной коры, где конденсируются, образуя скопления нефти.

Идеи единства исследователей В.Д. Соколова и К.Э. Циолковского о вещественном составе Солнечной системы, теории связей земного и небесного сводилась к следующему:

1. Углеводороды возникают в космических телах на ранних стадиях их развития из углерода и водорода, количество которых во всех космических телах, в том числе и в Земле огромны.
2. Возникшие таким образом углеводороды на Земле поглощаются расплавленной магмой.
3. При остывании магмы и кристаллизации магматических горных пород, углеводороды отделяются от нее, и мигрируют по трещинам и разломам.
4. Попадая в верхние части литосферы, и конденсируясь, углеводороды дают основной материал для образования различных битумов.

В настоящее время имеется много различных моделей неорганического происхождения нефти. Они основываются на следующих фактах.

Многочисленные месторождения приурочены к зонам разломов.

Встречаются месторождения в магматических и метаморфических горных породах.

Углеводороды встречаются в веществе, извергающемся из вулканов, в ультраосновных породах (кимберлитах) алмазоносных трубках взрыва,

в метеоритах и хвостах комет, атмосфере планет и в рассеянном космическом веществе.

Схематически неорганическая теория в современной интерпретации выглядит следующим образом. Источником углеводородов является вода и углекислый газ, которых в мантии содержится в 1 куб. м 180 кг и 15 кг соответственно (по данным Е.К. Мархинина). В присутствии закисных соединений металлов (главным образом закиси железа) образуются углеводороды. Высокие давления недр Земли подавляют термическую деструкцию сложных молекул углеводородов. По расчетам Э.Б. Чекалюка оптимальные глубины для синтеза, полимеризации и циклизации углеводородов из воды и углекислого газа составляют 100–200 км.

Важным достоинством концепции неорганического происхождения нефти является ее перспективность. Количество воды и углекислого газа в мантии по человеческим меркам неисчерпаемо и это дает нам надежду на то, что ресурсы нефти и газа на Земле значительно больше разведанных сегодня, и продолжают пополняться, то есть теоретически безграничны.

### Концепции органического происхождения нефти: исторический аспект

Соображения об органическом происхождении нефти были сделаны в 1759 г. М.В. Ломоносовым. Он полагал, что нефть образовалась из каменного угля под воздействием высоких температур. «...Выгоняется подземным жаром из приготавлиющихся каменных углей она бурая и черная масляная материя и вступает в разные рассолы...»<sup>1</sup>. Первые эксперименты получения нефтеподобных продуктов из органического вещества животного происхождения были проделаны немецким химиком Г. Гефером, который нагревал животные жиры при повышенном давлении до температуры 320–400 °С.

Современная концепция органического происхождения нефти восходит к монографии И.М. Губкина «Учение о нефти». В соответствии с этой моделью, нефть образуется следующим образом.

Исходное вещество для образования нефти – органическое вещество морских илов, состоящее из животных и растительных организмов. Перекрывающие илы осадки предохраняют его от окисления. Погруженный на глубины до 50 м он перерабатывается анаэробными микробами. При погружении в глубокие недра горные породы, содержащие РОВ (рассеянное органическое вещество) попадают в область давлений 15–45 МПа и температур 60–150 °С. Такие условия находятся на глубинах 1,5–6 км. Под действием возрастающего давления нефть вытесняется в проницаемые породы (коллекторы), по которым она мигрирует к месту образования будущих залежей.

<sup>1</sup> Ломоносов М.В. О слоях земных. 1763. М.-Л.: Госгеолиздат, 1949.

Отечественная нефтегазовая геология подтвердила положения И.М. Губкина. На основе прогнозов, сделанных на базе этой теории, развитой его многочисленными последователями, отечественная нефтегазовая геология долгие годы позволяла прогнозировать и открывать месторождения, что сделало Советский Союз ведущей нефтегазовой державой мира. Основные аргументы в пользу биогенного происхождения нефти следующие:

1. Приуроченность 99,9 % промышленных скоплений нефти к осадочным породам.
2. Сосредоточение наибольших запасов в отложениях геологических периодов с наибольшей активностью биосферы.
3. Сходство элементного, и, главное – изотопного состава живого вещества и нефтей.
4. Оптическая активность нефтей.

**Образование природного газа.** Природный газ распространен в природе гораздо шире, чем нефть. Его формирование может происходить различными способами.

При **биохимическом** процессе образование метана происходит в результате переработки органического вещества бактериями. (Иногда эти бактерии поселяются на нефти, которые перерабатывают ее в метан, азот и углекислый газ.)

**Термокатализ** заключается в преобразовании в газ органического вещества под действием давлений и температур в присутствии катализаторов – глин. Наиболее интенсивно термокатализ происходит при температуре 150–200 °С.

Если глины с повышенным содержанием органического вещества обогащены ураном, может запуститься **радиационно-химический процесс** образования газа, который заключается в воздействии радиоактивного излучения, на углеродные соединения. В результате органическое вещество распадается на метан, водород и окись углерода. Оксид углерода, в свою очередь, распадается на кислород и углерод, при соединении с водородом которого также образуется метан.

При механических воздействиях на угли на контактах зерен возникают напряжения, которые служат источниками энергии для **механохимического** образования метана.

**Космогенный** процесс описан при описании космической модели образования нефти В.Д. Соколова.

Главное значение в природе, вероятно, имеют термокаталический и биохимический способы образования метана. Возможно, определенную роль играет и «космический» (он же «мантийный») метан, наблюдаемый в «черных курильщиках».

**Ловушки. Образование залежей.** В природных резервуарах существуют такие участки, по которым флюиды не могут перемещаться и образуют скопления. Такие участки природных резервуаров называются **ловушками** (рисунок 3). Углеводороды перемещаются по пласту – коллектору до тех пор, пока не встретят и не заполнят **ловушку**. Тогда они образуют **залежи** – естественные, единичные, скопления нефти и газа в коллекторе.

Классификации ловушек чрезвычайно разнообразны:

- **структурные**, в которых флюиды улавливаются обратным падением пород, или тектоническим экраном. То есть ловушку образуют структурные формы;
- **литологические**, в которых флюиды улавливаются благодаря замещению по разрезу пород-коллекторов неколлекторами. Это замещение может происходить либо вследствие уменьшения толщины породы-коллектора до нуля – **выклиниванием** породы, либо постепенным (**фациальным**) замещением породы коллектора породой флюидоупором;
- **стратиграфические**, в которых экранирующей поверхностью является поверхность несогласия;
- **рифогенные** – образованные рифами;
- **структурно-стратиграфические** – комбинированные.

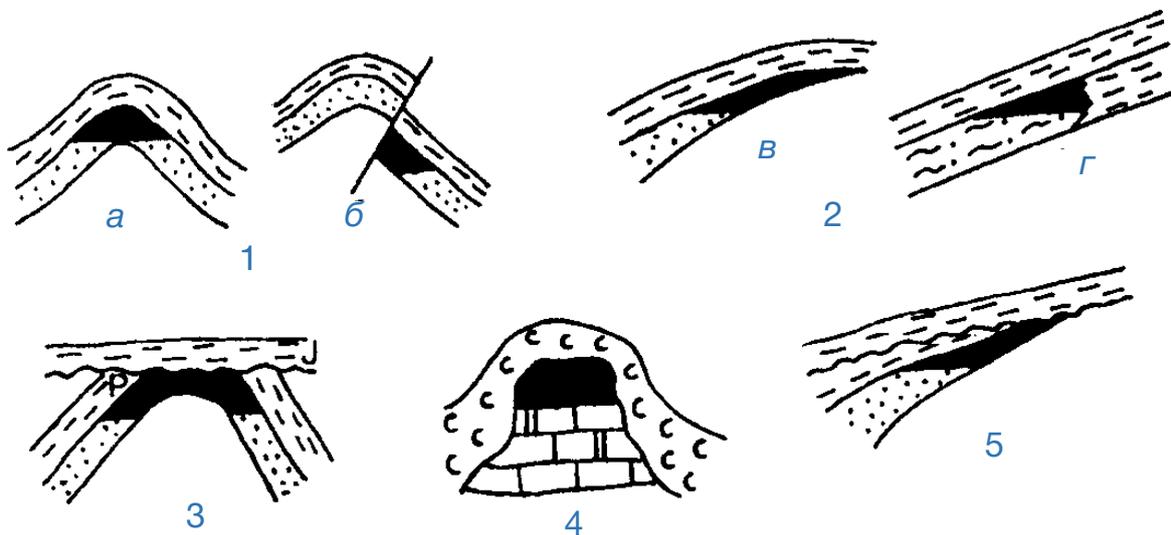


Рисунок 3 – Ловушки (по Л.П. Мстиславской, 1996): 1 – структурные: а – сводовая, б – тектонически экранированная; 2 – литологические: в – с выклиниванием коллектора, г – с фациальным замещением коллектора непроницаемыми породами; 3 – стратиграфическая; 4 – рифогенная; 5 – литолого-стратиграфическая

Необходимое условие образования залежи – наличие над пластами-коллекторами непроницаемых, или слабопроницаемых пород – флюидоупоров и замкнутых структур.

Залежи могут формироваться из рассеянных углеводородов (**первичные**) или из разрушенных залежей (**вторичные**).

Скорость накопления нефти в первичных залежах составляет  $n \times 10^{-13}$  кг/м<sup>2</sup>с. Скорость же вторичной миграции по данным И.В. Высоцкого, составляет от 12 до 700 т/год.

Чаще всего ловушками служат антиклинальные складки. Такие ловушки называют **традиционными**. В настоящее время все чаще объектом добычи становятся залежи в неантиклинальных ловушках – рифогенных, литологических, стратиграфических. В последнее время внимание привлекают так называемые жильные залежи, связанные с зонами трещиноватости.

**Элементы залежей.** В залежи (рисунок 4) выделяются:

**Кровля** – граница пород-коллекторов нефтяного или газового пласта с перекрывающими их породами-флюидоупорами.

**Подошва** – граница пород-коллекторов нефтяного или газового пласта с подстилающими их породами-флюидоупорами. Если залежь находится в массивном природном резервуаре, или пласт заполнен нефтью или газом не на полную мощность, подошвой служит граница нефти или газа с водой.

**Водонефтяной контакт (ВНК)** – граница между нефтью и водой.

**Газоводяной контакт (ГВК)** – граница между газом и водой.

**Газонефтяной контакт (ГНК)** – граница между газом и нефтью.

**Внешний контур нефтеносности (газоносности)** – линия пересечения водонефтяного (газоводяного) контакта с кровлей пласта.

**Внутренний контур нефтеносности (газоносности)** – линия пересечения водонефтяного (газоводяного) контакта с подошвой пласта.

**Высота залежи (h)** – разница абсолютных отметок между водонефтяным (газонефтяным) контактом и самой высокой точкой залежи. Полная высота залежи складывается из высот нефтяной и газовой частей. Следует различать высоту залежи и амплитуду ловушки, разницу между абсолютными отметками самой высокой части структуры и самой нижней замкнутой стратоизогипсой.

**Длина залежи** – максимальное расстояние по прямой, соединяющее наиболее удаленные точки самой нижней замкнутой стратоизогипсы.

**Ширина залежи** – минимальный диаметр, соединяющий точки самой нижней замкнутой стратоизогипсы.

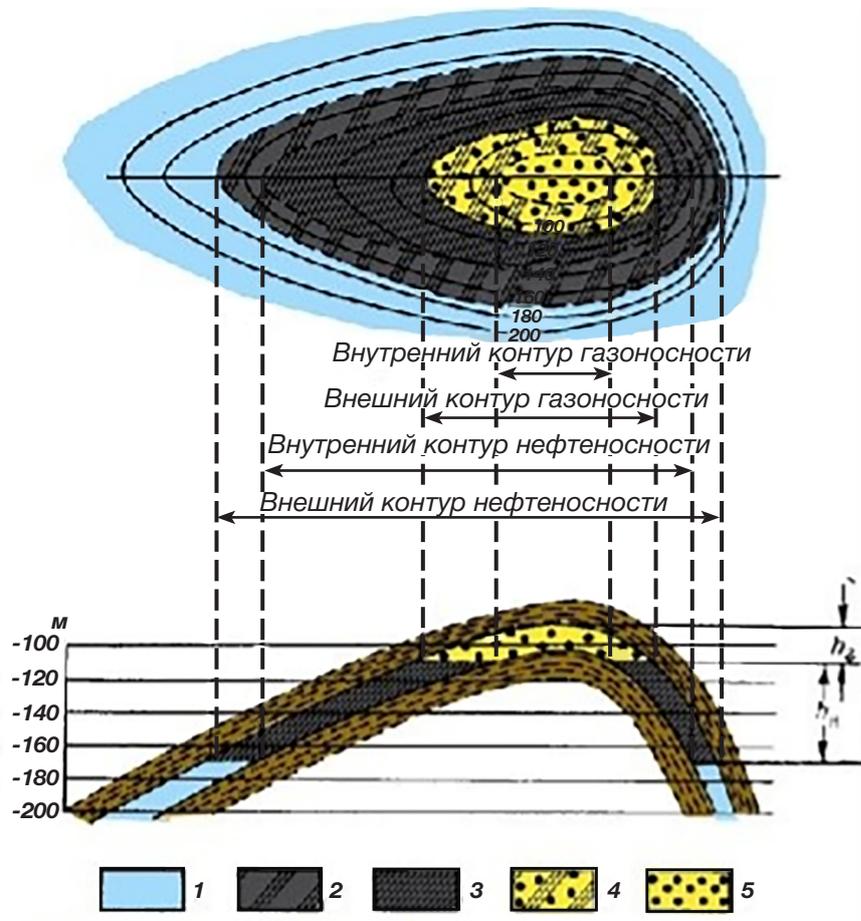


Рисунок 4 – Элементы залежи. Части пласта: 1 – водяная, 2 – водонефтяная, 3 – нефтяная, 4 – газонефтяная, 5 – газовая

### Контрольные вопросы:

1. Что такое нефть?
2. Что такое природные газы?
3. Что такое газогидраты?
4. Состав и свойства нефти.
5. Условия образования нефти и газа.
6. Назовите благоприятные структурные формы скопления нефти и газа.
7. Гипотезы происхождения нефти и газа.
8. Что такое ловушки? Типы ловушек.
9. Назвать элементы залежей.

# ЧАСТЬ II • МИНЕРАЛОГИЯ

**Минералогия** – наука, изучающая минералы. Минералы – это системы химических элементов, устойчивые для данных условий. «Минера» – руда. Минералогия изучает состав, свойства и преобразования минералов в истории земной коры.

## Тема 7. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

В природе подавляющее число минералов находится в твердом кристаллическом состоянии. Реже встречаются жидкие (ртуть, вода, нефть), газообразные (углекислый газ, сероводород, сернистый газ и др.), аморфные (опал) минералы. Многие минералы очень похожи друг на друга внешне, поэтому необходимо четко разбираться во всем комплексе физических и химических свойств, позволяющих отличить их друг от друга. У каждого минерала есть свои, присущие лишь ему диагностические признаки (у галита – вкус, у магнетита и пентландита – магнитность, гематита – цвет черты, пирита – штриховка), но вместе с этим многие минералы разных видов обладают некоторыми похожими свойствами и внутри одного вида могут быть образования, отличающиеся, например, по цвету (флюорит – зеленый, фиолетовый, дымчатый; кварц – белый, розовый, фиолетовый, зеленый; турмалин – черный, зеленый, розовый, синий). При определении минералов по внешним признакам необходимо обращать внимание в первую очередь на общие для всех минералов признаки, а затем переходить к рассмотрению индивидуальных особенностей отдельных минералов.

Наиболее характерными, **главными признаками минералов** являются: 1. Внешняя форма минерала. 2. Цвет минерала. 3. Цвет минерала в порошке. 4. Блеск. 5. Прозрачность. 6. Спайность. 7. Излом. 8. Отдельность. 9. Твердость. 10. Удельный вес (плотность). 11. Магнитность. 12. Двойное лучепреломление. 13. Прочие свойства: электрические свойства, люминесценция, реакция с кислотой (HCl), горючесть, запах, вкус, жирность, гигроскопичность, крепость, ковкость, упругость, теплопроводность, линейное расширение.

**Внешняя форма минерала.** Твердые минералы встречаются в природе в виде отдельных, более или менее ограненных кристаллов или их сростков, в виде зерен неправильной формы и сплошных зернистых масс, в виде землистых скоплений, налетов, корочек, прожилков и других форм. Очень редко кристаллы бывают одиночными, чаще они сростаются в виде двойников, образуя друзы. Иногда они образуют выделения коллоидного характера, представляющие собой как бы затвердевший студень (опалы).

К числу характерных свойств большинства минералов, как кристаллических тел, относится свойство самоогранения, т. е. способность принимать форму многогранника. При этом независимо от величины кристалла и некоторых искажений общей формы, его углы между соответствующими гранями кристаллов одного и того же минерала остаются одинаковыми и постоянными, форма кристаллической решетки является индивидуальным признаком для каждого минерала. При этом внешний облик кристалла в естественных условиях может не соответствовать форме кристаллической решетки (гранаты, алмазы). Структура кристаллов представляет совокупность нескольких пространственных решеток, вдвинутых друг в друга и состоящих из разнородных материальных частиц (атомов, молекул, ионов). Е.С. Федоровым было доказано, что в кристаллах возможно 230 способов расположения элементарных частиц. Изучением кристаллической формы и структур минералов занимается наука **кристаллография**.

В кристалле различают следующие элементы:

- 1) **грани** – плоскости, ограничивающие кристаллы;
- 2) **ребра** – линии пересечения граней;
- 3) **вершины** – точки пересечения ребер;
- 4) **гранные углы** – углы между гранями.

**Сингония** – классификация кристаллографических групп симметрии, кристаллов и кристаллических решёток в зависимости от системы координат (*координатного репера*); группы симметрии с единой координатной системой объединяются в одну сингонию. Кристаллы, принадлежащие к одной и той же сингонии, имеют подобные углы и рёбра элементарных ячеек. По характеру симметрии кристаллы разделяются на 7 сингоний (*триклинная, моноклинная, ромбическая, тетрагональная, тригональная, гексагональная и кубическая*) и 32 вида симметрии. Наиболее простыми формами кристаллов являются различные призмы, кубы, пирамиды, скаленоэдры, трапецоэдры, тетраэдры, гексаэдры, октаэдры и др. Важная роль в росте кристаллов принадлежит степени подвижности минералообразующих элементов. Одновременно с ростом кристаллов минералов происходит растворение их вершин, ребер и граней, усложняющих форму кристаллов и приводящих к образованию вершин реберных и гранных форм. На природных кристаллах они проявляются в виде нарастаний, углублений, штриховок, скелетных форм и т. д.

Любое вещество неорганической природы в зависимости от температуры и давления может находиться в любом агрегатном состоянии, а при изменении этих факторов переходить из одного состояния в другое. Пределы устойчивости каждого агрегатного состояния находятся в самых различных температурных интервалах в зависимости от природы вещества.

При атмосферном давлении в условиях комнатной температуры большинство минералов находятся в твердом состоянии и плавятся при высоких температурах, тогда как *ртуть Hg* в этих условиях существует в жидком виде, а *сероводород H<sub>2</sub>S* и *углекислота CO<sub>2</sub>* – в газообразном состоянии.

Размеры кристаллов колеблются в широких пределах. На Урале встречаются кристаллы кварца, полевого шпата почти в рост человека, кристаллы сподумена (месторождение Кейстон в Дакоте, США) достигали 14 м, колумбийские бериллы – 1 м в длину. С другой стороны, тончайшая алунитовая пудра Журавлинского месторождения (Урал) состоит из идеально правильных кристалликов размера всего 0,01 мм. Вот такие бывают размеры минералов от десятков метров до тонкодисперсных (10 микрон).

**Цвет минерала.** Цвет минералов является важнейшим диагностическим свойством. Минералы характеризуются обширной цветовой гаммой. Окраска минерала зависит от его химического состава, структурных особенностей минерала, от присутствия в нем красящих элементов (хромофоров) и механических примесей. Часто один и тот же минерал может иметь различную окраску: например, корунд: рубин – красный за счет Cr, сапфир – синий за счет примесей Ti, и тогда этот признак не является определяющим для него. Но есть минералы, для которых окраска является их главным отличительным признаком, особенно для минералов, сходных с ним по другим физическим свойствам (пирит – соломенно-желтый, арсенопирит – оловянно-белый, халькопирит – латунно- или медово-желтый, малахит – зеленый, лазурит – синий, киноварь – красная и т. д.).

**Идиохроматическая** («идиос» – собственный) окраска минералов обусловлена вхождением в их состав химического элемента-хромофора (красителя), приносящего окраску.

**Аллохроматическая** («аллос» – посторонний) окраска зависит от посторонних механических примесей. Она чаще бывает вызвана механическими включениями окрашенных минералов, пузырьков газа и др., поэтому окраска изменчива и непостоянна.

**Псевдохроматическая** («псевдо» – ложный) окраска обусловлена рассеянием белого света, а также интерференцией световых волн в наружных слоях минералов, связанной с особенностями выделений или выветриванием минералов.

В природных химических соединениях различают три рода окрасок по происхождению: идиохроматическую, аллохроматическую, псевдохроматическую

**Цвет порошка минерала (цвет черты).** Многие минералы в раздробленном, истертом в порошок виде имеют окраску иную, чем в куске или кристалле. На практике цвет порошка минерала определяется путем проведения черты минералом на кусочке неглазированного фарфора (бисквит), это свойство отдельных минералов часто помогает почти безошибочно отличить минералы одинакового цвета и сходных физических свойств. Например, для гематита, независимо от цвета его в куске, характерна его вишнево-красная окраска черты; молибденит хорошо отличается от графита (имеющего также серую окраску и низкую твердость) голубоватым оттенком черты. Необходимо только помнить, что цвет черты на бисквите может быть получен только для цветных минералов низкой и средней твердости; светлые минералы дают белую черту.

**Блеск.** Блеск минерала является функцией его отражательной способности в естественном виде (без предварительной полировки). По блеску все минералы делятся на две большие группы: минералы с *металлическим* блеском и минералы с *неметаллическим* блеском. Практически металлическим блеском обладают минералы, дающие черную черту и непрозрачные даже в тонких сколах; к минералам с неметаллическим блеском обычно относятся минералы с цветной или белой чертой. Исключение составляют самородные: золото, медь, серебро, платина, а также сернистые соединения – халькопирит, и блеклые руды, которые хотя и имеют цветную черту, характеризуются металлическим блеском.

**Металлический блеск** – это сильный блеск, свойственный металлам (магнетит, пирит, галенит). В группе минералов с неметаллическим блеском различают следующие типы блеска: **полуметаллический, или металлоидный** (минерал имеет блеск металла, но черта цветная) – гематит, марматит; **стеклянный блеск**, обычно характерен для прозрачных минералов – кварц на гранях, кальцит, топаз; **жирный блеск** (напоминает блеск поверхности, смазанной жиром) – кварц на изломе, нефелин, сера; **перламутровый блеск** – обусловлен отражением света от внутренних поверхностей, обычно слоистых минералов – слюда, тальк; **шелковый или шелковистый блеск** – обычно характерен для волокнистых разновидностей минералов: асбест, гипс-селенит; **алмазный блеск** – очень сильный стеклянный блеск (алмаз, сфалерит). Иногда блеск минерала затрудняет определение естественной окраски минерала, поэтому определение этих констант требует некоторого навыка (например, сильный металлический блеск пирита не всегда позволяет четко определить его соломенно-желтую окраску).

**Прозрачность** – это способность минерала пропускать свет. Прозрачные минералы – бесцветные или цветные – те, которые позволяют сквозь кристалл увидеть какое-либо изображение на бумаге (алмаз, исландский шпат, топаз); полупрозрачные – пропускают свет, но изображение неразличимо (гранат); просвечивающие пропускают свет в тонком сколе (халцедон); непрозрачные – вообще не пропускающие свет – рудные минералы.

**Спайность** – это способность кристалла при сжатии или ударе образовывать обломки с плоскими зеркальными поверхностями по определенным кристаллическим направлениям (граням кристаллической решетки). По степени спайности выделяются следующие разновидности: **весьма совершенная** – минерал очень трудно расколоть не по спайности – слюда, гипс, галенит; **совершенная** – разлом проходит преимущественно по спайности (полевые шпаты, кальцит, флюорит); **средняя или ясная** – легко наблюдается, но не по всем направлениям решетки (оливин, сфен); **несовершенная или неясная** – наблюдается с трудом (берилл, апатит); **весьма несовершенная** – кварц, гранат, пирит. Иногда минерал обладает разной спайностью в разных кристаллографических направлениях. Для некоторых минералов кроме совершенства спайности характерно также и направление, в котором спайность присутствует в кристалле: галенит по кубу, флюорит по октаэдру, кальцит по ромбоэдру. Число спайных направлений и совершенство спайности являются очень важными диагностическими признаками, так же, как и кристаллографические направления, по которым проходит спайность. Явление спайности обусловлено внутренним строением кристалла минерала, в котором силы сцепления между частицами в одном направлении резко отличаются от таковых в других направлениях.

**Отдельность** – способность минерала раскалываться по определенным направлениям, но вызванным не особенностями структуры, а внешними причинами: давлением, осаждением на гранях растущего кристалла посторонних веществ или двойниковым строением кристалла (когда для двух соседних кристаллов одна грань общая). Отдельность наблюдается у таких минералов, как корунд, турмалин, берилл, диопсид.

**Излом** – характер поверхности раскола, прошедшего в минерале не по спайности. Выделяют следующие виды излома: **ровный** – при расколе образуются относительно ровные гладкие поверхности (магнетит); **раковистый** – образуются вогнутые или выпуклые концентрические, волнистые поверхности, внешне сходные с поверхностью раковин (кварц, обсидиан, стекло); **занозистый** – образуются поверхности, покрытые ориентированными в одном направлении «занозами» (гипс волокнистый, асбест); **землистый** – образуется матовая, шероховатая поверхность, покрытая мелкой пылью, аналогично поверхности, образующейся при разломе куска земли или глины (каолин, лимонит); **зернистый** – образуется обычно у мелкокристаллических агрегатов, внешне сходен с землистым, но отличается более грубой шероховатостью (мрамор); **ступенчатый** – обычно образуется у минералов, обладающих совершенной спайностью в 2–3 направлениях (ПШ, кальцит, галенит).

**Твердость.** Этот признак является весьма важным для характеристики и диагностики минерала, т. к. один и тот же минерал обычно характеризуется большей (>) или меньшей (<) постоянной твердостью независимо от условий

его образования и нахождения в природе. Под **твердостью** подразумевается степень сопротивления минерала при давлении или истирании его, а также при царапании его более твердым минералом или острием металлического предмета. Для определения относительной твердости разработана десятибалльная (по Ф. Моосу) шкала, в которой минералы располагаются в порядке возрастания твердости, так что каждый предыдущий минерал царапается последующим. (Шкала Мооса – или Шкала твердости (таблица 4).

На практике в полевых условиях часто пользуются предметами, твердость которых соответствует твердости стандартных минералов, например нож, стекло, гвоздь.

Таблица 4 – Шкала Мооса

Эталонный минерал	Твердость	Обрабатываемость	Другие минералы с аналогичной твердостью
Тальк	1	Царапается ногтем	Графит
Гипс	2	Царапается ногтем	Хлорит, галит
Кальцит	3	Царапается ножом	Биотит, золото, серебро
Флюорит	4	Царапается ножом	Доломит, сфалерит
Апатит	5	Царапается ножом	Гематит, лазурит
Ортоклаз	6	Царапается напильником	Опал, рутил
Кварц	7	Царапает стекло	Гранат, турмалин
Топаз	8	Царапается алмазом	Берилл, шпинель
Корунд	9	Режет стекло	-
Алмаз	10	Режет стекло	-

**Удельный вес.** Нередко в полевых условиях большую помощь в диагностике минерала оказывает определение его удельного веса (пользуются взвешиванием на руке). Для этого все минералы по удельному весу разделены на три группы:

- 1) **легкие** (удельный вес до 2.5 – сера, гипс);
- 2) **средние** (удельный вес 2.5–4.0 – кварц, кальцит);
- 3) **тяжелые** (4–21 – барит, сульфиды, целестин).

**Магнитность.** Этим свойством обладают всего несколько минералов: магнетит, пирротин. Эти минералы притягиваются к магниту или отклоняют магнитную стрелку компаса при поднесении их к компасу.

**Двупреломление** (двойное лучепреломление). Свойство, отличающееся у ряда минералов, но особенно хорошо выраженное у прозрачных разновидностей кальцита (исландского шпата). Если через исландский шпат рассматривать изображение или текст, то возникает его двойное изображение.

**Прочие свойства.** Среди прочих свойств минералов можно отметить такие как реакция с соляной кислотой (HCl). Например, кальцит и малахит бурно вскипают от действия капли соляной кислоты в монолитном куске при обычных условиях, доломит же вступает в реакцию только при

измельчении его в порошок, а для реакции магнезита с соляной кислотой необходимо подогревание.

Некоторые, особенно слюдистые минералы отличаются друг от друга по степени упругости. Например, биотит и мусковит, гибкие и упругие, а хлорит и тальк гибкие, но не упругие.

Ряд минералов характеризуется повышенной гигроскопичностью и растворимостью в воде, и отличаются друг от друга по вкусу (галит соленый, а сильвин – горько-соленый и жгучий, карналлит – жгуче-соленый). Арсенопирит характеризуется выделением чесночного запаха при ударе молотком, но запах ощущается обычно при наличии большого количества арсенопирита в испытуемом образце.

Немалую помощь в диагностике минералов оказывает и их способность светиться в катодных, рентгеновских или ультрафиолетовых лучах (свойство *люминесценции*). Так шеелит светится фиолетовым и зеленым цветом, кальцит – белым или оранжевым цветом и т. д. Сера хорошо определяется по своей горючести – она загорается от спички.

### Контрольные вопросы:

1. Причины, обуславливающие окраску минералов.
2. В чем заключается связь физических свойств минералов с их структурой и составом?
3. В чем особенности идиохроматической, аллохроматической, псевдохроматической окраски минералов?
4. Что такое блеск минералов и от чего он зависит?
5. Что такое твердость минералов?
6. В чем отличие спайности и отдельности минералов?
7. Влияют ли условия образования минерала на его физические свойства?
8. От чего зависит плотность минералов?
9. Что такое габитус и облик минералов?

## Тема 8. МОРФОЛОГИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Формы нахождения минералов в природе разнообразны и зависят от их химического состава, внутреннего строения и, главным образом, от условий образования.

Многие из них, наряду с описанными выше физическими свойствами, служат важными диагностическими признаками при определении минералов. Кроме того, отражая условия образования, они позволяют судить о генезисе (происхождении) минералов.

В природе минералы встречаются либо в виде отдельных **кристаллов**, либо в виде скоплений минеральных зерен, называемых **минеральными агрегатами**.

Кристаллы, как отмечалось выше, встречаются сравнительно редко и возникают в благоприятных для роста условиях. Они образуются преимущественно в свободных полостях – в трещинах и пустотах горных пород, где могут свободно расти.

Форма кристаллов разнообразна и отражает как состав и внутреннюю структуру минерала, так и условия образования. В наиболее общем виде форма или внешний облик кристаллов характеризуется степенью изометричности и выражается в различном соотношении их длины, ширины и толщины. В зависимости от этого выделяется три группы кристаллов, обладающие характерным внешним обликом: изометричные; удлиненные уплощенные.



Габитус минералов зависит от условий их образования.

Обычно минералы находятся в природе в незакономерных мономинеральных или полиминеральных срастаниях т. е. агрегатах. Наиболее распространены многочисленные зернистые агрегаты.

**Зернистые агрегаты** – скопления минеральных зерен, имеющих, в отличие от кристаллов, неправильную форму. Они образуются при одновременном выпадении из расплава или раствора массы кристаллов минералов и росте каждого из них в стеснённых условиях. Таким образом, каждое зерно – это неогранившийся, неоформившийся кристалл, выросший в стеснённых условиях. Величина зерен зависит от условий кристаллизации и изменяется от крупных до землистых. К крупнозернистым относятся агрегаты с размером зерен более 5 мм в поперечнике. Среднезернистые агрегаты имеют размер зерен от 1 до 5 мм, мелкозернистые – меньше 1 мм. Тонкозернистые или скрытокристаллические – менее  $10^{-6}$  мм.

В зависимости от формы кристаллических зерен различают игольчатые, волокнистые, листовые, чешуйчатые и другие агрегаты.

В целом, разнообразные зернистые агрегаты слагают все кристаллические горные породы.

**Землистые агрегаты** представляют собой мягкие мучнистые, порошковатые образования. Характерны для рыхлых минералов и осадочных горных пород, почв и т. п. Обычно пачкают руки.

Из прочих форм минеральных агрегатов отметим следующие: друзы, дендриты, конкреции, секреции, оолиты, натечные образования, выцветы. Эти агрегаты, представляющие собой скопления минеральных зерен и кристаллов минералов, настолько типичны и четко обособлены, что получили собственные названия.

**Друзы** – скопления отдельных хорошо образованных кристаллов, имеющих общее основание. Образуются при свободном росте кристаллов в открытых полостях. Если в друзе кристаллы параллельны и соприкасаются друг с другом, такая кристаллическая форма называется **щеткой**. Друзы и щетки характерны для многих минералов, встречающихся в виде хороших кристаллов (кварц, кальций, пирит и др.).

**Дендриты** – имеют ветвистое древовидное строение и похожи на отпечатки растений (от слова «дендрон» – ветвистый, древовидный). Образуются в результате быстрой кристаллизации минералов в тонких трещинах и порах породы. Особенно часто встречаются дендриты опалов марганца и самородной меди.

**Секреции** – образования округлой или неправильной формы. Возникают в результате постепенного заполнения минеральным веществом пустот в породе. Они имеют обычно концентрическое строение, отражающее последовательное отложение минерального вещества от стенок пустоты к центру. Мелкие пустоты обычно нацело заполняются минеральным веществом. Если минерального вещества не хватает для заполнения всей пустоты, в центре секреции остается свободное пространство, выполненное нередко друзами или щетками кристаллов. Наиболее известны секреции халцедона с друзами кварца. Мелкие секреции (до 10 мм в поперечнике) называются **миндалинами**, крупные – **жеодами**.

**Конкреции** – образования более или менее округлой формы. Возникают в результате стяжения минерального вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации. При этом рост кристаллов идет, в отличие от секреции, от центра к периферии. В результате часто имеют радиальнолучистое или концентрическое (скорлуповатое) внутреннее строение. Встречаются обычно в рыхлых осадочных породах – глинах и песках. Примером могут служить конкреции фосфоритов, сидеритов и др. Размеры этих образований от миллиметров до десятков сантиметров.

**Оолиты** – мелкие (до 5–10 мм) округлые образования обычно концентрического строения, близкие к конкрециям. Возникают при выпадении минерального вещества в подвижной водной среде (водных потоках, прибрежной полосе морей и озер). Цементированные скопления оолитов образуют минеральные агрегаты оолитового строения и характерны для бокситов, железных и марганцевых руд (морского и озерного происхождения).

**Натечные образования** – минеральные агрегаты, образующиеся в пустотах горных пород путем кристаллизации минерального вещества из просачивающихся подземных вод при медленном испарении последних. Имеют вид сосулков, почек, гроздей и др. и обычно концентрическое строение. Натёки, свисающие со сводов пустот, называются сталактитами, растущие вверх со дна пустот – сталагмитами. В натечных формах встречаются минералы: кальцит, лимонит, халцедон, опал, малахит и др. Наиболее известны *сталактиты* и *сталагмиты* кальцита, образующиеся в карстовых пещерах среди известняков.

Иногда на поверхности горных пород и почв наблюдаются тонкие пленки минералов, называемые *налетами*, *выцветами*, *корочками*. Чаще всего это хорошо растворимые минералы, например, галит, гипс и др.

Иногда минералы принимают несвойственную им форму, создавая точную копию другого минерала. Также формы называются **псевдоморфозами** («псевдо» – чужой, «морфос» – форма). Характерным примером являются псевдоморфозы лимонита по пириту, представляющие собой кристаллы кубической формы полностью окисленного и перешедшего в лимонит пирита. Часто встречаются также псевдоморфозы гипса по каменной соли, халцедона по дереву и др., в которых органическое вещество целиком замещается минеральным, но при этом сохраняются все особенности первоначальной формы.

### Контрольные вопросы:

1. Чем характеризуется кристаллическое вещество?
2. Сколько видов кристаллов известно в природе?
3. От чего зависит внешний облик кристалла?
4. Что такое псевдоморфоза? Приведите пример.
5. Какие кристаллы встречаются в природе и как они различаются по внешнему облику?
6. Что такое кристалл?

## Тема 9. КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

**Систематизация минералов** всегда определялась накопленным фактическим материалом, и она являлась теоретическим его обобщением. Первые минералогические **классификации** базировались на внешних признаках и на физических свойствах минералов.

В XIX столетии начали систематизировать минералы на основании химических признаков, сначала по главным составным частям, а затем по типу химических соединений. Эти классификации сыграли в развитии минералогии большую роль, так как химический состав является одной из определяющих характеристик минералов. Он лежит в основе многих современных классификаций.

Из существующих в настоящее время **классификаций** наиболее рациональной является **кристаллохимическая**. Основной классификационной единицей в минералогии является минеральный вид, под которым понимают, как указывалось выше, совокупность минеральных индивидов, характеризующихся одинаковым химическим составом и структурой.

Все природные образования, составляющие предмет минералогии, делятся на две большие группы:

- **неорганические минералы**, к которым, кроме редко встречающихся самородных элементов, относятся соединения всех, за исключением углерода, химических элементов;
- **органические минералы**, представленные разнообразными соединениями углерода, за исключением карбонатов и карбидов, отнесенных к неорганическим соединениям.

Мы придерживаемся классификации, предложенной академиком А.Г. Бетехтиным.

В основу принятой им *классификации* положены: *химический характер соединений, тип химических связей* между структурными единицами минералов, *их координация, тип упаковки, а также мотив структуры*.

**Самородные элементы** – существуют в природе в свободном виде, т. е. в виде простых (элементарных) веществ; **сульфиды** – соединения элементов с серой; **галоиды** – соединения с галогенами (хлор, фтор, бром, йод); **оксиды** – соединения с кислородом; **сульфаты** – с кислородным остатком  $SO_4$ ; **карбонаты** – соли угольной кислоты; **фосфаты** – соли фосфорной кислоты; **нитраты** – соли азотной кислоты; **силикаты** – кремнекислородные соединения.

### Контрольные вопросы:

1. По какому принципу классифицируются минералы в минералогии?
2. На чем основывается классификация минералов академика А.Г. Бетехтина?
3. Назовите классы минералов и приведите примеры.

## Тема 10. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Самородные элементы, находящиеся в земной коре в свободном состоянии, составляют лишь 0,1 % земной коры, но имеют большое значение для минеральной базы. Их устойчивость в разных геологических условиях обуславливается атомными структурами плотнейшей упаковки с металлической связью.

В этот класс входят минералы с различными физическими свойствами, бывают как металлы, так и металлоиды.

Самородные металлы (золото, серебро, платина, медь) обладают хорошей электро- и теплопроводностью, большой плотностью, высокой отражательной способностью, что обуславливает наличие постоянного металлического блеска. Цвет и черта у самородных металлов также постоянны и характерны для каждого из них. Они не царапают стекло, непрозрачны, не имеют спайности, ковкие.

Самородные металлоиды (алмаз, графит, сера) имеют неметаллический блеск, плотность у них небольшая (легкие). Самородные элементы встречаются как в глубинных зонах земной коры, так и на ее поверхности.

### Металлы

В самородном состоянии чаще встречаются золото, серебро, платина, медь, реже железо, висмут, никель, цинк, осмий, иридий и другие элементы, их известно около 50.

#### Золото – Au

**Физические свойства:** блеск металлический, твердость низкая 2–3, цвет золотисто-желтый, черта золотисто-желтая, металлически-блестящая. Удельный вес 15–19 г/см<sup>3</sup>. Химически инертное, ковкое. Сингония кубическая, кристаллы очень редки. Нахождение золота чаще всего в тесной ассоциации с кварцем и сульфидами, встречается в виде вкраплений, дендритов, волосовидных образований, также листочков, чешуек, зерен и самородков разных размеров в россыпях.

Самородное золото можно спутать с медным колчеданом (халькопиритом), но у халькопирита черта зеленовато-черная.

**Химические свойства:** растворяется только в царской водке (смесь соляной и азотной кислоты).

**Разновидности:**

- 1) электрум содержит от 15 до 50 % серебра;
- 2) медистое золото (купроаурит) содержит до 20 % меди.

**Цвет:** «красное» или «червонное», желтое (чаще от примеси).

**Происхождение:** золото бывает коренное (жильное) и россыпное.

**Парагенезис:** золото встречается с кварцем, пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, галенитом и другими сульфидами.

**Применение:** золото – валютный и денежный металл, используется в ювелирном деле и предметах роскоши, в зубоврачебном деле (протезы) и при золочении металлов. Золото обладает уникальной антикоррозионной и химической стойкостью, высокой электро- и теплопроводностью. Золото используется в реактивных двигателях, ракетах, космических аппаратах, ядерных реакторах, сверхзвуковых самолетах, в электронной промышленности и радиотехнике, микроэлектронике.

## Серебро – Ag

**Физические свойства:** блеск металлический, твердость низкая – 2,5–3,0, цвет серебристо-белый, чернеет при окислении, черта серебристо-белая, плотность 10–11 г/см<sup>3</sup>. Спайность отсутствует, сингония кубическая, габитус кристаллов – куб, октаэдр, додекаэдр, кристаллы обычно в виде скрученного пучка проволоки, характерные волосовидные и травовидные образования. Серебро ковкое, тепло- и электропроводное, химически инертное, хотя и в меньшей степени, чем золото и платина, иногда образует сульфидные соединения (аргентит, самсонит). Наилучший проводник электричества, серебряные контакты используются в агрессивных средах. Агрегаты: вкрапленность, волосовидные, «проволочные» образования, тонкие пластины, дендриты, скелетные, перистые, самородки.

**Использование:** валютный, денежный, ювелирный металл, в электротехнике, приборостроении, медицине, химической промышленности и других отраслях экономики.

Образуется в среднетемпературных месторождениях серебряно-кобальт-никель-висмут-урановых формаций, в жилах с кварцем, флюоритом, адуляром, цеолитами и аргентитом; в зонах окисления и цементации свинца и цинка, золота, колчеданных месторождений; изредка в россыпях.

Образует несколько разновидностей от примесей золота, ртути, сурьмы, олова, висмута, меди.

## Медь – Cu

**Физические свойства:** блеск металлический, твердость низкая – 2,5–3,0, удельный вес 8,4–8,9, цвет медно-красный, цвет черты медно-красный металловидный, спайность отсутствует; сингония кубическая, габитус кристаллов кубический, додекаэдрический, образует дендриты, нитевидные, проволочные, моховидные агрегаты, порошковые выделения, конкреции, сплошные массы до нескольких сот тонн. Медь очень ковкая и тягуча, легко окисляется, очень тепло- и электропроводна.

Металлическая медь широко используется в электротехнике, в изготовлении дешевой бижутерии, изготовлении монет и в др. отраслях экономики.

Образуется в восстановительных условиях при различных геологических процессах и в гидротермальных условиях; вкрапленность в основных и ультраосновных породах, скарнах. В древних вулканических породах образуют миндалины, пустоты. В осадочных породах встречается в виде конкреций и псевдоморфоз по древесине, в метеоритах.

## Металлоиды

В данном пособии рассматриваются минералы, сильно отличающиеся по своим физическим свойствам – алмаз, графит, сера.

## Графит – C

**Физические свойства:** блеск металловидный, жирный или матовый. Мягкий, пишет на бумаге, пачкает руки, твердость – 1, жирен на ощупь. Цвет железо-черный, стально-серый.

Черта черная, спайность весьма совершенная, сингония гексагональная, кристаллы встречаются редко. Образует сплошные чешуйчатые, плотные или землистые массы, вкрапления и кристаллы в виде шестиугольных пластинок.

**Химические свойства:** с кислотами не взаимодействует. При нагревании с селитрой дает вспышку. Очень термостойкий и электропроводный, выдерживает температуру взрыва в ядерном реакторе.

**Разновидность:** шунгит, аморфная разновидность графита, хороший сорбент. Графит можно спутать с молибденитом, в отличие от которого графит растирается пальцами в черную пыль, кроме того, молибденит в порошке (черта) и при смачивании водой приобретает голубоватый оттенок.

**Происхождение:** крупные месторождения графита образовались в результате изменения осадочных отложений органического происхождения (каменных углей, битумов и т. п.) под действием контактного или глубинного (регионального) метаморфизма.

Минеральные ассоциации – с апатитом, флогопитом, кварцем, полевым шпатом, каолинитом, биотитом, титаномагнетитом.

**Применение:** графит имеет очень широкое применение в силу своих уникальных свойств: металлургия (получение углеродистых сплавов); энергетика (движущиеся и трущиеся контакты, например, троллейбусные щетки); карандашная промышленность; графитовые стержни в атомных реакторах; в космической технике, для получения синтетического алмаза.

## Алмаз – С

**Физические свойства:** алмаз имеет такой же химический состав, как и графит, но остальные физические свойства не только не похожи, но и полярно противоположны. Это отличие объясняется различным расположением атомов углерода в кристаллической решетке: в алмазе они размещены в тетраэдрической структуре и имеют прочную связь по всем направлениям. Блеск у алмаза сильный – алмазный.

Твердость наивысшая, подобных минералов по твердости в природе нет, алмаз является «чемпионом твердости» и «царем всех минералов». Алмаз прозрачен в отличие от графита и имеет широкую гамму окраски. Ни один драгоценный камень не имеет столько оттенков, как алмаз: начиная от водяно-бесцветного («чистой воды») до почти черного через голубые, желтые, зеленые, розовые, красные, коричневые, дымчато-серые, даже редчайшие в природе синие цвета.

Алмаз обладает высокими оптическими свойствами, которые делают этот камень самым дорогим на международном рынке – интенсивный блеск и «игра», когда отраженные лучи разлагаются на радугу и ограненный алмаз – бриллиант – сияет разноцветными лучами.

Алмаз кристаллизуется в кубической сингонии, в природе не часто встречается в виде куба, чаще всего в форме октаэдра.

**Химические свойства:** химически инертен, с кислотами и щелочами не взаимодействует; кристаллы плохо смачиваются водой, но прилипают к поверхности, смазанной жиром (это свойство издревле используется при отборе алмазов из дробленой руды).

### Разновидности:

- 1) *бриллиант* – искусственно ограненный алмаз. Бриллиант рассеивает солнечный свет подобно капелькам дождя, образующим радугу, самый сияющий драгоценный камень;
- 2) *борт* – неправильные мелкозернистые сростки;
- 3) *баллас* – шаровидный алмаз радиально-лучистого строения;
- 4) *карбонадо* – алмаз черного, серого цвета.

**Происхождение:** месторождения алмаза генетически связаны с ультраосновными (дуниты, кимберлиты, перидотиты) и основными (диабазы) магматическими породами и серпентинитами. Алмаз образуется в условиях

высокого давления и высокой температуры, поэтому коренные месторождения его приурочены к вулканическим «трубкам взрыва» – траппам. Большое значение в поисках и добыче алмазов имеют и россыпи – огромные месторождения в древних песках и конгломератах, как в Южной Африке.

Алмазы обнаружены в метеоритах и в местах падения метеоритов.

**Спутники:** серпентин, оливин, пироп, авгит, графит, магнетит, хромит, ильменит, тальк, кварц, платина, золото, гематит, топаз, касситерит, корунд.

**Применение:** алмаз называют богатырем техники. Применяется в электротехнической, радиоэлектронной, приборостроительной промышленности. Алмазы используются в качестве детекторов ядерного излучения, в счетчиках быстрых частиц, медицинских счетчиках, в породоразрушающих коронках, инструментах для обработки твердых материалов; технические алмазы получают искусственным путем или используют природные, не пригодные для огранки.

Наиболее прибыльными являются алмазы ювелирного качества, которые гранятся и используются в украшениях и предметах роскоши.

## Сера – S

**Физические свойства:** самородная сера имеет низкую твердость – 1–2, встречается в кристаллическом, коллоидном, жидком и газообразном состоянии, образует несколько полиморфных модификаций. Наиболее устойчива в природных условиях сера ромбической сингонии, при повышенной температуре – моноклинная, другие разновидности неустойчивы.

**Агрегаты** – друзы, зернистые, шаровые, почковидные, сталактиты и сталагмиты, порошок, налеты, корочки, псевдоморфозы по органическим остаткам.

**Цвет:** желтый, буроватый, зеленоватый до черного.

**Блеск:** смолистый до жирного. Часто бывает прозрачной.

**Удельный вес:** около 2; сера обладает горючестью (можно зажечь спичкой), низкой электропроводностью и теплопроводностью, низкой температурой плавления.

При горении выделяет сернистый газ, имеющий резкий удушающий запах. Растворяется в сероуглероде и в керосине.

**Разновидность** – вулканит (селенистая сера), оранжево-красного, красно-бурого цвета. Происхождение серы в основном вулканическое и поверхностное, где образуется при восстановлении гипса, с которым часто встречается вместе.

**Применение:** в пиротехнике, изготовлении пороха, в медицине, получении серной кислоты, спичечной промышленности.

## Сульфиды – $H_2S$

Сульфиды составляют 0,25 % массы земной коры. В настоящее время известно более 260 сульфидных минеральных видов. Из них наиболее широко распространены около 20, которые имеют большое народнохозяйственное значение как сырье для получения цветных, тяжелых и ряда редких металлов.

Большинство сульфидов обладает металлическим блеском, большей частью не твердые – не оставляют царапины на стекле (исключение – пирит, арсенопирит). Все сульфиды, за исключением некоторых разновидностей цинковой обманки (клеюфан), непрозрачны и имеют темную или окрашенную черту.

**Цвет** у большинства сульфидов постоянный, характерный для каждого из них. Сульфиды с металлическим блеском чаще всего тяжелые, с нематаллическим блеском – легкие.

Наиболее типичное **происхождение** сульфидов – гидротермальное и магматическое. В поверхностных условиях сульфиды большей частью представляют неустойчивые соединения – они более или менее легко выветриваются и образуют сернокислые, углекислые, кислородные, водные соединения и покрываются коркой.

Сульфиды служат рудой для извлечения различных химических элементов и имеют большое промышленное значение.

## Молибденит – $MoS_2$ (молибденовый блеск)

**Физические свойства:** блеск металлический, мягкий, жирен на ощупь, пишет на бумаге. Цвет светлый, свинцово-серый, черта светло-серая, металлически блестящая. Сплошные массы и вкрапления. Сингония гексагональная.

**Отличительные признаки:** у молибденита постоянный металлический блеск, постоянный светлый свинцово-серый цвет. Молибденит мягкий, легко растирается в пальцах в блестящий порошок (отличие от графита).

**Химические свойства:** разлагается в азотной кислоте с выделением белого или сероватого осадка. Не плавится.

**Происхождение:** гидротермальное, пневматолитовое, скарновое.

**Спутники:** кварц, апатит, кальцит, касситерит, вольфрамит, пирит, халькопирит, лимонит, золото, магнетит, барит, флюорит.

**Применение:** молибденовая руда. Молибден – «сильный металл» – применяется в котло- и турбиностроении, идет на изготовление бронестойких снарядов и орудийных стволов. Молибденовые соли в сельском хозяйстве повышают урожайность зерновых культур и бобовых растений. Из молибденита извлекается редкий элемент – рений.

## Антимонит – $Sb_2S_3$ (сурьмяный блеск, стибнит)

**Физические свойства:** блеск металлический, мягкий; цвет свинцово-серый, стально-серый, иногда синеватая или черная побежалость; черта темно-серая. Спайность совершенная. Кристаллы игольчатого, призматического строения, удлинённые; агрегаты – сплошные массы, друзы.

Сингония ромбическая, на гранях кристаллов часто наблюдается штриховка; хрупкий, ножом легко истирается в порошок.

**Отличительные признаки:** антимонит от сходных с ним минералов отличается постоянным металлическим блеском, постоянным стально-серым цветом, игольчатыми, призматическими кристаллами и разнонаправленным ростом кристаллов.

**Химические свойства:** порошок минерала растворяется в концентрированной КОН. При действии соляной кислотой раствор выделяет желто-красные хлопья.

**Происхождение:** выделяется сурьмяный блеск вместе с киноварью (ртутная руда) в гидротермальных (эпитермальных) жилах.

**Спутники:** киноварь, кварц, халцедон, сидерит, реальгар, аурипигмент, галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, золото, барит, флюорит.

**Применение:** сурьмяная руда. Сурьму используют в электрических аккумуляторах, медицинском оборудовании, в текстильном, стекольном, резиновом производствах, для сплавов, в фармацевтической промышленности – сурьма входит в состав некоторых лекарственных препаратов.

## Галенит – $PbS$ (свинцовый блеск)

**Физические свойства:** блеск металлический, твердость средняя, цвет свинцово-серый, черта черная, свинцово-серая; тяжелый, спайность совершенная в трех направлениях по граням куба. При ударе распадается на мелкие кубики и образует ступенчатые формы излома.

Сингония кубическая. Кристаллы в форме кубов, октаэдров, пентагон-додекаэдров; агрегаты зернистые, вкрапленники, сплошные массы.

**Отличительные признаки:** галенит узнается по свинцово-серому цвету, по хорошо выраженной спайности в трех направлениях по граням куба, по большой плотности.

**Химические свойства:** разлагается в крепкой азотной кислоте.

**Разновидность:** свинчак – плотный матовый галенит.

**Происхождение:** гидротермальное.

**Спутники:** сфалерит, кварц, пироксен, молибденит, магнетит, доломит, сидерит, пирит, халькопирит, серебро самородное, лимонит, малахит, азурит, золото, кальцит.

**Применение:** галенит – главная руда для получения свинца, кроме того, в свинцово-цинковых месторождениях часто бывает в примеси серебро.

Свинец применяется в производстве аккумуляторных пластин, сплавов, в кабельной и химической промышленности, в кислотном производстве, в рентгентехнике, как экраны для жестких радиоактивных излучений, экраны и контейнеры при работе с радиоактивными веществами.

### Халькопирит – $CuFeS_2$ (медный колчедан)

**Физические свойства:** блеск металлический, напоминает пирит; твердость средняя, цвет латунно-желтый, золотисто-желтый, часто покрыт радужной или синей побежалостью; черта черная с зеленоватым оттенком. Спайность отсутствует.

Сингония тетрагональная. Агрегаты сплошные, плотные. Хрупкий.

**Отличительные признаки:** халькопирит имеет постоянный металлический блеск, радужную побежалость, очень хрупкий.

**Химические свойства:** растворяется в азотной кислоте. При взаимодействии с аммиаком выделяется гидрат железа, и раствор приобретает голубой цвет.

**Разновидность:** талнахит – кубическая модификация.

**Происхождение:** чаще всего халькопирит выпадает из гидротермальных и пневматолитовых выделений магматических очагов.

**Спутники:** кварц, кальцит, сидерит, пирит, галенит, сфалерит, касситерит, вольфрамит, молибденит, топаз, апатит, магнетит, малахит, азурит, лимонит, самородная медь, платина, пентландит, пирротин.

**Применение:** халькопирит – основная руда на медь. Медь применяется в электротехнике, в машиностроении, для получения сплавов – бронзы, латуни, томпака. Бижутерия.

### Пирит – $FeS_2$ (серный колчедан, железный колчедан)

**Физические свойства:** блеск металлический, твердый; цвет светлый латунно-желтый (соломенно-желтый), черта черная. Спайность отсутствует. Сингония кубическая; кристаллы в форме куба, октаэдра, пентагон-додекаэдра; на гранях кристаллов часто наблюдается взаимно перпендикулярная штриховка; агрегаты – сплошные зернистые и плотные массы, вкрапления, отдельные кристаллы, друзы. Хрупкий.

**Отличительные признаки:** пирит можно отличить от похожих минералов по большой твердости, по латунно-желтому цвету и по черной черте, по штриховке на гранях.

**Химические свойства:** при кипячении в 3 %-ном растворе соляной кислоты лишь слегка буреет.

**Происхождение:** пневматолитовое, из горячих водных растворов, идущих из магматических очагов, вместе с другими сульфидами, магматическое. Образуется он и в осадочных породах в результате взаимодействия поверхностных водных растворов, содержащих железо, с сероводородом.

**Спутники:** кварц, кальцит, халькопирит, галенит, сфалерит, золото, магнетит, лимонит, гематит, сидерит.

**Применение:** пирит – основное сырье для получения серы (сернокислотное производство); огарки используются в качестве железной руды. Кроме того, из пирита извлекаются примеси: золото, медь, серебро, кобальт, никель и другие элементы.

### Пентландит – $(FeNi)_9S_8$ (железо-никелевый колчедан)

**Физические свойства:** блеск металлический, твердость средняя; цвет темно-латунный, светло-бронзово-желтый; черта черная. Спайность совершенная. Встречается в виде вкраплений и зернистых масс.

**Отличительные признаки:** пентландит похож на халькопирит, отличается по цвету и по продуктам разрушения.

**Химические свойства:** раствор в  $HNO_3$  зеленого цвета.

**Происхождение:** магматическое, образуется в результате ликвации – отделения сульфидного жидкого расплава от силикатного.

**Спутники:** халькопирит, платина, пирротин.

**Применение:** пентландит – главная руда на никель. Никель входит в состав стальной брони. Это металл для антикоррозионных покрытий.

### Арсенопирит – $FeAsS$ (мышьяковый колчедан)

**Физические свойства:** блеск металлический; цвет оловянно-белый, светло-серый; черта серовато-черная. Спайность средняя.

Агрегаты – звездчатые сростки, шестоватые и зернистые. Сингония моноклинная; твердость 5.5–6, плотность 5.9–6.2.

**Отличительные признаки:** характерными диагностическими признаками являются: форма кристаллов, высокая твердость, чесночный запах при ударе молотком или истирании.

**Химические свойства:** разлагается  $HNO_3$  с выделением S.

**Происхождение:** гидротермальное

**Спутники:** кварц, галенит, барит, пирит и др.

**Применение:** арсенопиритовые руды являются основным сырьем для получения многочисленных соединений мышьяка, используемых в сельском хозяйстве, медицине, кожевенном и красочном производствах. В случае золотоносности – важная руда на золото.

### Сфалерит – $ZnS$ (цинковая обманка)

**Физические свойства:** блеск сильный, алмазный, у темноокрашенных разновидностей металловидный. Твердость средняя; цвет желтый, цвета канифоли, красноватый, бурый, зеленоватый, буро-черный, темно-серый, черный,

редко бесцветный; черта белая, светло-желтая, бурая. Спайность совершенная. Агрегаты – сплошные зернистые (таблитчатые) массы, вкрапления, кристаллы. Сингония кубическая. Хрупкий.

**Отличительные признаки:** для сфалерита характерен алмазный блеск. Черта белая, светло-желтая, бурая. Совершенная спайность в нескольких направлениях.

**Химические свойства:** порошок, растворенный в азотной кислоте, при прибавлении нескольких капель азотнокислого кобальта при нагревании окрашивает раствор в зеленый цвет.

**Разновидности:** 1) клейофан – светлая, прозрачная цинковая обманка желтого цвета; 2) марматит – темная цинковая обманка, содержащая железо.

**Происхождение:** гидротермальное.

**Спутники:** галенит, кварц, молибденит, магнетит, халькопирит, кальцит и др.

### Киноварь – $HgS$ (кровь дракона)

**Физические свойства:** блеск алмазный или киноварь матовая. Мягкая или средней твердости. Цвет ярко-красный, малиново-красный, черта ярко-красная. Спайность совершенная в одном направлении. Тяжелая. Агрегаты – сплошные зернистые, плотные, землистые массы, также налеты или вкрапления, реже кристаллы и двойники. Сингония тригональная, габитус кристаллов ромбоэдрический.

**Отличительные признаки:** киноварь хорошо узнается по ярко-красному цвету и красной черте.

**Химические свойства:** киноварь растворяется только в царской водке; при осторожном нагревании порошка с содой в колбочке конденсируется ртуть в виде капель.

**Разновидности:** печенковая руда – киноварь темного цвета, содержит глину и битуминозные вещества.

**Происхождение:** гидротермальное.

**Спутники:** антимонит, халцедон, опал, кальцит, доломит, гипс, битуминозные вещества, пирит, халькопирит, реальгар, золото, кварц, барит, флюорит.

**Применение:** киноварь – единственная руда для получения ртути. Ртуть – «живой металл» – применяется в химической промышленности, в медицине, в военном деле (капсюли-детонаторы) и т. д.

### Реальгар – $AsS$

**Физические свойства:** блеск жирный или реальгар матовый; на поверхности кристаллов блеск алмазный, смолистый. Мягкий. Цвет оранжево-красный, черта оранжево-красная. Спайность слабо выражена.

Сингония моноклинная. Кристаллы встречаются редко, агрегаты зернистые, плотные, землистые, порошковатые; также налеты, корки, друзы, состоящие из мелких кристаллов.

**Отличительные признаки:** реальгар отличается неметаллическим блеском, оранжево-красным цветом, оранжево-красной чертой и тем, что он мягкий.

**Химические свойства:** растворяется в едких щелочах.

**Происхождение:** реальгар выделяется в гидротермальных жилах в эпитеpмальную фазу, бывает и вулканического происхождения.

**Спутники:** аурипигмент, антимонит, киноварь, кварц, халцедон, кальцит, марказит, галенит, барит, пирит и др.

**Применение:** реальгар служит мышьяковой рудой. Используется в сельском хозяйстве, в стекольном производстве, в красочном производстве, для получения сплавов (баббит, твердая свинцовая дробь), в кожевенной промышленности, в медицине.

### Аурипигмент – $As_2S_3$

**Физические свойства:** блеск перламутровый, жирный или аурипигмент матовый, мягкий. Цвет лимонно-желтый, черта желтая более светлого тона. Спайность весьма совершенная. Агрегаты – листоватые, чешуйчатые (листочки гибкие, но не упругие), зернистые, землистые, порошковатые, также бывают налеты; кристаллы редки. Сингония моноклинная.

**Отличительные признаки:** аурипигмент резко отличается от других минералов неметаллическим блеском, лимонно-желтым цветом, лимонно-желтой чертой и тем, что он мягкий.

**Химические свойства:** растворяется в едких щелочах.

**Происхождение:** в гидротермальных жилах и вулканическое.

**Спутники:** реальгар, антимонит, киноварь, кварц, халцедон, кальцит, марказит, галенит, барит, пирит и др.

**Применение:** мышьяковая руда; кроме того, аурипигмент применяется в качестве изолятора в рентгентехнике.

### Контрольные вопросы:

1. Какие минералы называются самородными элементами?
2. Какие свойства присущи металлам из этого класса?
3. Охарактеризовать группу металлоидов из класса самородных.
4. Значение самородных элементов в экономике.
5. Какие особенные свойства, не характерные для других минералов, присущи каждому из металлов?
6. Какие характерные свойства у алмаза, графита, серы?
7. В каких условиях образуются самородные элементы?
8. Почему большинство минералов класса сульфидов имеет металлический блеск?

9. Что такое клейофан и марматит?
10. В каких типах месторождений наиболее широко распространены сульфиды?
11. Какие минералы являются рудами на медь, цинк, свинец, ртуть, сурьму, никель, висмут, мышьяк, молибден, кобальт и серу?
12. Основные диагностические различия пирита и халькопирита.
13. Почему меняется окраска сфалерита?
14. Какова промышленная ценность минералов класса сульфидов?

## Тема 11. ОКИСЛЫ И ГИДРООКИСЛЫ

Кислородные соединения имеют весьма широкое распространение в земной коре.

В настоящее время насчитывается около 200 минеральных видов окислов и гидроокислов, которые составляют около 17 % от веса литосферы. Из них 12,6 % приходится на долю семейства кремнезема и 3,9 % – на долю окислов и гидроокислов.

Многие элементы в виде окислов и гидроокислов дают свои основные промышленные скопления (*Fe, Al, Ti, Cr, Mn, Sn, Ta, Nb, Th, U, V, Zn, Cu*).

Блеск у окислов и гидроокислов бывает металлический и неметаллический. Окислы с металлическим блеском имеют большую плотность, тяжелые, с неметаллическим блеском – легкие.

Окислы и гидроокислы с неметаллическим блеском по внешним признакам напоминают карбонаты, сульфаты и фосфаты. Окислы с металлическим блеском напоминают сульфиды. Окислы имеют прочное кристаллическое строение, благодаря этому окислы характеризуются химической стойкостью, тугоплавкостью, высокой твердостью. У гидроокислов кристаллические решетки слоистые. Благодаря слабой связи между частицами они имеют невысокую твердость.

Окислы и гидроокислы образуются на поверхности Земли, но встречаются окислы глубинного происхождения.

Окислы с металлическим блеском служат рудой для получения разных металлов, окислы с неметаллическим блеском представляют преимущественно драгоценные и поделочные камни, абразивы, огнеупоры.

### ОКИСЛЫ

#### Семейство кремнезема – $\text{SiO}_2$

**Кремнезем** (двуокись кремния) – объединяет большую группу минералов, внешне и по кристаллографическим характеристикам сильно отличающихся друг от друга.

**Полнокристаллический кремнезем** – кварц со всеми разновидностями: горный хрусталь, раухтопаз, морион, цитрин, аметист, празем, льдистый кварц, розовый, гранулированный, а также модификации кристаллического кварца, различающиеся температурами и условиями кристаллизации.

**Халцедон** – кремнезем полукристаллического (криптокристаллического) строения, является основой таких минералов, как собственно халцедон, агаты (разновидности халцедона), яшмы, кремни, окаменелое дерево, волокнистый халцедон, хризопраз.

**Опалы** – аморфный кремнезем, представленный твердым гелем  $SiO_2 \cdot nH_2O$ ; в эту группу входят обычные опалы различного цвета (черные, белые, желтые, красные, зеленые) и ювелирные разновидности: белый (кахолонг), белый благородный и черный благородный, огненный.

## Кварц – $SiO_2$

Кварц – один из самых распространенных минералов, у которого обнаружено много замечательных свойств. В отличие от обычного стекла кварц прозрачен не только для видимых, но и для ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, что позволяет использовать его в различных оптических приборах. Небольшой коэффициент теплового расширения дает возможность делать из кварцевого стекла термостойкую посуду.

В электронных часах и других приборах используется важное свойство кварца – колебание под действием электромагнитного поля (пьезоэффект).

**Физические свойства:** блеск стеклянный, в изломе жирноватый. Твердый. Бесцветный, белый, сероватый, дымчатый, черный, розовый, фиолетовый, зеленый, желтый. Черты не дает. Спайность отсутствует. Излом неровный. Сплошной, плотный, кроме того, вкрапления, отдельные кристаллы или друзы. Сингония тригональная, высокотемпературный кварц – гексагональный.

**Отличительные признаки:** характерными признаками для кварца являются: неметаллический блеск, большая твердость (оставляет царапину на стекле), отсутствие спайности.

**Химические свойства:** в кислотах не растворяется (за исключением  $HF$ ).

**Разновидности:** 1. Горный хрусталь – бесцветный, прозрачный. 2. Цитрин – лимонно-желтый, прозрачный. 3. Аметист – фиолетовый, сиреневый, лиловый, малиновый, прозрачный. 4. Раухтопаз – дымчатый, прозрачный. 5. Морион – черный, непрозрачный, просвечивающий. 6. Розовый кварц: сплошной зернистый. 7. Зеленый кварц (празем). 8. Молочно-белый кварц, непрозрачный. 9. Авантюрин (искряк) – мелкозернистый, желтого, бурого цвета с мерцающим золотистым отливом.

**Происхождение:** кварц – вездесущий минерал, является наиболее распространенным минералом земной коры (65 % земной коры состоит из кварца).

На поверхности земли возникают скопления кварцевых песков и кварцевого галечника, щебня, гравия, дресвы.

**Спутники:** полевые шпаты, слюды, роговая обманка, топаз, берилл, касситерит, вольфрамит, молибденит, сульфиды, золото, кальцит и др.

**Применение:** применяется кварц в электротехнике, радиотехнике, телемеханике и автоматике, ультразвуковой технике, оптическом приборостроении и других отраслях. Окрашенные разновидности кварца употребляются как полудрагоценные и поделочные камни.

### Магнетит– $Fe_3O_4$ или $FeO \times Fe_2O_3$ (магнитный железняк)

**Физические свойства:** блеск металлический, металловидный или магнетит матовый. Твердый или средней твердости. Цвет железно-черный. Черта черная. Магнитный. Спайность отсутствует. Сплошные зернистые, плотные или рыхлые массы, отдельные кристаллы, двойники, россыпи. Сингония кубическая.

**Отличительные признаки:** магнетит легко узнается по постоянному железно-черному цвету, по черной черте и по магнитности.

**Химические свойства:** порошок растворяется в соляной кислоте при нагревании.

**Разновидность:** титаномагнетит, содержит  $TiO_2$

**Происхождение:** большое промышленное значение имеют месторождения магнетита контактово-метасоматического происхождения и месторождения магматического происхождения.

**Спутники:** кальцит, кварц, гематит, пирит, халькопирит, апатит, сидерит, нефелин, лимонит.

**Применение:** магнетит – важнейшая железная руда. Железо является «хлебом металлургии».

### Хромит – $FeCr_2O_4$ (хромистый железняк)

**Физические свойства:** блеск металловидный, металлический. Твердый. Цвет железно-черный. Черта бурая. Спайность отсутствует. Сплошные зернистые массы, вкрапления, редко кристаллы (октаэдр), реже россыпи. Сингония кубическая.

**Отличительные признаки:** постоянными признаками являются железно-черный цвет, бурая черта.

**Химические свойства:** в кислотах не растворяется.

**Происхождение** у хромистого железняка магматическое – выделяется вместе с платиной при охлаждении и затвердевании ультраосновной и основной магм.

**Спутники:** серпентин, оливин, магнетит, тальк, доломит, гиперстен, платина.

**Применение:** главная руда на хром. Низкосортные руды применяются в качестве огнеупорных кирпичей в металлургической промышленности. Хром используется для антикоррозионных покрытий. Хром увеличивает твердость стали и устойчивость к коррозии.

### Пиролюзит – $MnO_2$

**Физические свойства:** матовый, мягкий. Цвет черный, темный стально-серый. Черта черная. Пачкает руки. Спайность отсутствует. Оолитовый, землистый, натечный, плотный; также конкреции, желваки и псевдоморфозы по манганиту.

**Отличительные признаки:** пиролюзит матовый, мягкий, пачкает руки, черного цвета, черта черная, строение оолитовое, землистое.

**Химические свойства:** растворяется в соляной кислоте с выделением хлора.

**Происхождение:** образуется пиролюзит в мелководной прибрежной части моря. Кроме того, пиролюзит возникает в результате химического выветривания марганецсодержащих минералов.

**Спутники:** лимонит, гематит.

**Применение:** пиролюзит – руда для получения марганца. Марганец применяется в металлургии: сталь и железо, содержащие примесь марганца, приобретают вязкость и ковкость, при плавке руд играет роль восстановителя окислов железа, способствует удалению вредных примесей из железа (фосфора, серы, кремния); используется для получения сплава с кремнием – силикомарганца.

### Гематит – $Fe_2O_3$ (красный железняк)

**Физические свойства:** блеск металлический, металловидный или гематит матовый. Твердый, некоторые разновидности имеют среднюю твердость или являются мягкими. Цвет вишнево-красный, темный стально-серый, железно-черный. Черта вишнево-красная. Спайность отсутствует. Натёчный, зернистый, плотный, землистый, листоватый, чешуйчатый, оолитовый. Сингония тригональная.

**Отличительные признаки:** у гематита наблюдается вишнево-красный, темный стально-серый, железно-черный цвет. Черта всегда, независимо от цвета, вишнево-красная.

**Происхождение:** метаморфическое. Образуется он также в результате химического выветривания. Иногда он образуется в вулканических районах, осаждаясь на стенках кратеров вулканов или на поверхности лав.

**Спутники:** магнетит, кварц, кальцит.

**Применение:** гематит – руда для получения железа.

### Ильменит – $FeTiO_3$ (титанистый железняк)

**Физические свойства:** блеск металлоидный, металлический. Твердый или средней твердости. Цвет железно-черный, темно-бурый. Черта черная или бурая. Спайность отсутствует. Излом раковистый. Слабомагнитен. Толстотаблитчатые кристаллы, вросшие в друзы, сплошные плотные массы, включения. Сингония гексагональная.

**Отличительные признаки:** ильменит имеет постоянный металлический блеск, темно-бурый, железно-черный цвет, бурую или черную черту, слабо выраженные магнитные свойства.

**Химические свойства:** порошок ильменита, нагретый с соляной кислотой, медленно растворяется и дает раствор желтого цвета.

**Происхождение:** магматическое и пневматолитовое; он генетически связан с нефелиновыми сиенитами.

**Спутники:** магнетит, апатит.

**Применение:** титанистый железняк – важная титановая руда. Титан обладает «титаническими» свойствами. Он выдерживает нагревание до 800 °С и охлаждение почти до минус 200 °С. По стойкости в азотной кислоте титан превосходит все металлы. При обычной температуре на него не действует даже «царская водка». За 1000 лет коррозия проникает вглубь титана всего на 0,02 мм. Титан называют «вечным металлом». Титан – металл космического века. Эти сплавы широко используются в авиации, ракетной технике, ядерной энергетике и т. д.

### Касситерит – $SnO_2$ (оловянный камень)

**Физические свойства:** блеск металлоидный, жирноватый. Твердый. Цвет бурый, черный; черта бледно-желтая, слабо коричневая. Тяжелый. Спайность отсутствует. Агрегаты сплошные зернистые, плотные или лучистые. Кристаллы призматические (тетрагональной сингонии).

**Отличительные признаки:** касситерит имеет двойники характерной формы и высокую твердость, в изломе жирный блеск.

**Химические свойства:** касситерит, помещенный в разбавленную соляную кислоту вместе с металлическим цинком, при нагревании покрывается слоем металлического олова.

**Происхождение:** образуется оловянный камень в результате пневматолитовых процессов.

**Спутники:** кварц, кальцит, молибденит, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, анатаз, вольфрамит.

**Применение:** оловянный камень – важная оловянная руда. Олово называют металлом консервной банки. Оловянная болезнь – разрушение в порошок при  $t = \text{минус } 13 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Ниже этой температуры происходит перекристаллизация олова, оно сильно увеличивается в объеме и поэтому начинает рассыпаться в пыль.

## Корунд – $Al_2O_3$

Корунд – минерал, обладающий высокой твердостью (9 по шкале Ф. Мооса), также не имеющий аналогов по твердости в природе, как и алмаз. Кроме известных разновидностей красного рубина и синего сапфира иногда образует зернистые агрегаты, обладающие высокими абразивными свойствами (наждак).

**Физические свойства:** блеск – алмазный, стеклянный; цвет розовый, красный (рубин), голубой, синий (сапфир), реже желтый, зеленый, пурпурный, черный. Иногда наблюдается явление астеризма. Химически и механически стойкий.

**Происхождение:** корунд часто связан со щелочными породами, метаморфизованными бокситами, пегматитами.

**Применение:** прозрачные разновидности корунда, особенно красиво окрашенные, используются как дорогое ювелирное сырье (высококачественный рубин ценится дороже алмаза с таким же весом), непрозрачные и некондиционные корунды, также как и агрегаты (наждак), применяются как абразивный материал (шлифовальные круги, жернова, бруски, наждачные шкурки, порошки для шлифования и точки камней и других изделий).

## Гидроокислы (водные окислы)

### Лимонит – $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (бурый железняк)

**Физические свойства:** матовый или имеет металловидный, шелковистый, смоляной блеск. Твердость непостоянная: встречаются разновидности мягкие, средней твердости и твердые. Цвет бурый, охристо-желтый, черный. Черта ржаво-бурая, охристо-желтая. Спайность отсутствует. Агрегаты сплошные плотные, натечные; конкреции, жеоды, оолиты, получившие название бобовой руды, иногда землистый, порошокватый.

**Отличительные признаки:** цвет у лимонита ржаво-бурый, охристо-желтый, черный; черта ржаво-бурая, охристо-желтая.

**Химические свойства:** легко растворяется в соляной кислоте.

**Происхождение:** лимонит образуется в результате химического выветривания железосодержащих минералов, а также образуется в результате отложения водных соединений железа на дне болот, озер и в мелководной части морских бассейнов.

**Спутники:** сидерит, пиролюзит, пирит, халькопирит, гематит, серпентин, роговая обманка, авгит, биотит, железистые хлориты.

**Применение:** лимонит служит рудой для получения железа.

**Боксит –  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$** 

**Физические свойства:** боксит матовый. Мягкий или средней твердости. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, белый, серый, зеленый, черный. Черта бледнее цвета. От лимонита отличается по цвету черты. Спайность отсутствует. Глиноподобный, яшмоподобный. Аморфный.

**Отличительные признаки:** боксит матовый, не царапает стекло, цвет большей частью кирпично-красный, красно-бурый, розовый, строение оолитовое, землистое, боксит легкий. В отличие от глин не образует с водой пластичной массы.

**Происхождение:** образуется боксит на поверхности земли. Боксит также может отложиться на дне морей и озер.

**Применение:** боксит – главная руда для получения «крылатого металла» – алюминия.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие физические свойства вытекают из особенностей структуры окислов?
2. В чем отличия минералов класса окислов и гидроокислов (химические, структурные и генетические)?
3. Что такое «железная шляпа» и как она образуется?
4. Какие изменения происходят с окислами и гидроокислами в коре выветривания?
5. Какие минералы класса окислов и гидроокислов являются рудами для выплавки черных металлов, цветных металлов?
6. Какие промышленно-ценные минералы класса окислов встречаются в скарнах?
7. Какое применение имеют минералы семейства кремнезема?

## Тема 12. КАРБОНАТЫ, ГАЛОИДЫ, СУЛЬФАТЫ, ВОЛЬФРАМАТЫ, ФОСФАТЫ

Карбонаты составляют до 1,7 % веса земной коры. Все минералы, относящиеся к этому классу, имеют среднюю твердость. Исключительно характерным признаком для всего класса карбонатов является реакция с разбавленной соляной кислотой (10 %-ный раствор), при этом выделяется  $CO_2$ .

**Карбонаты** – компоненты многих минеральных ассоциаций, образующихся в поверхностной части земной коры.

Карбонаты преимущественно нерудные и частично рудные полезные ископаемые.

### Кальцит – $\text{CaCO}_3$ (известковый шпат)

**Физические свойства:** блеск стеклянный, перламутровый; землистый и плотный кальцит матовый. Твердость – низкая; землистые разновидности мягкие. Бесцветный, белый, реже желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый, темно-бурый, черный. Черта белая. У кристаллического кальцита наблюдается совершенная спайность в трех направлениях по граням ромбоэдра.

Зернистые разновидности при ударе раскалываются по определенным направлениям и дают обломки в виде ромбоэдров. Сплошной зернистый, плотный, натечный, пористый, землистый, также кристаллы, друзы. Сингония тригональная. Прозрачная разновидность кальцита называется «исландским шпатом», который обладает высоким двупреломлением.

**Отличительные признаки:** кальцит мягкий, бурно вскипает при действии разбавленной соляной кислотой или уксусом, ступенчатый излом по ромбоэдру

**Химические свойства:** кальцит бурно вскипает при взаимодействии с разбавленной соляной кислотой.

**Происхождение:** кальцит может образовываться различными путями: гидротермального, осадочного, метаморфического происхождения. Кальцит встречается в пустотах излившихся магматических пород. Отложение кальцита (известковый туф) наблюдается также на поверхности земли у выходов некоторых минеральных источников.

**Спутники:** в рудных жилах – сульфиды. В вулканических породах: опал, халцедон. В поверхностных пустотах арагонит, который имеет тот же химический состав, но кристаллы другой сингонии.

**Применение:** кальций необходим для жизни растений и животных. Исландский шпат – оптический кальцит – используется для создания сложнейших приборов. Без исландского шпата невозможна работа современных оптических приборов. Изготовление извести из известняка.

### Доломит – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

**Физические свойства:** блеск стеклянный, перламутровый. Твердость средняя. Цвет белый, желтый, серый, зеленоватый, черный. Черта белая. Совершенная спайность в трех направлениях по граням ромбоэдра. Сплошные зернистые мраморовидные или плотные массы, иногда седловидно-изогнутые агрегаты. Кристаллы имеют форму ромбоэдров. Сингония тригональная.

**Отличительные признаки:** для доломита характерны: неметаллический блеск, средняя твердость и вскипание порошка доломита при действии разбавленной соляной кислотой.

**Химические свойства:** порошок вскипает при взаимодействии с разбавленной соляной кислотой.

**Происхождение:** доломит образуется в поверхностных условиях в результате частичного вытеснения и замещения кальция из известняков магнием или при метасоматозе.

Доломит возникает под действием  $\text{CO}_2$ , выделяющегося в результате разложения органических веществ, на  $\text{Mg}_3\text{SO}_4$  морской воды и на  $\text{CaCO}_3$ . Доломит также выделяется в виде химического осадка в сильно засоленных замкнутых водоемах. Кроме того, доломит может образоваться при действии гидротермальных вод, содержащих соли магния.

**Спутники:** среди осадочных пород – кальцит, гипс, ангидрит, каменная соль, сидерит, серпентин, хризотил-асбест, тальк, сульфиды.

**Применение:** доломит используется как огнеупорный материал в металлургической промышленности, в качестве флюса при плавке руд.

### Магнезит – $\text{MgCO}_3$ (магнезиальный шпат)

**Физические свойства:** блеск у зернистых разновидностей стеклянный, плотные разновидности матовые. Твердость средняя. Цвет у зернистых разновидностей серовато-белый, желтоватый, у плотных – белый, кремовый, бурый, серый. Черта белая. У кристаллического магнезита наблюдается совершенная спайность в трех направлениях по граням ромбоэдра.

Излом у зернистых разновидностей зернистый, у плотных – неровный. Мраморовидные массы, сложенные из зерен удлиненной формы (отличие от мрамора и доломита), и фарфоровидные плотные образования, редко кристаллы в виде ромбоэдров. Сингония тригональная.

**Отличительные признаки:** для магнезита характерны: неметаллический блеск, средняя твердость и вскипание порошка магнезита при действии нагретой соляной кислотой.

**Химические свойства:** порошок магнезита вскипает при взаимодействии с нагретой соляной кислотой.

**Происхождение:** магнезит бывает гидротермального и поверхностного происхождения.

**Спутники:** доломит, кальцит, кварц, тальк, хлорит, пирит, халькопирит, лимонит, малахит, галенит, сфалерит, углистое вещество, серпентин, опал, оливин, тальк, доломит.

**Применение:** магнезит используется в металлургической промышленности, при производстве портландцемента и серной кислоты, для изготовления огнеупорных кирпичей, выдерживающих нагревание до  $3000^\circ\text{C}$ .

### Сидерит – $\text{FeCO}_3$ (железный шпат)

**Физические свойства:** блеск стеклянный, или сидерит матовый. Твердость средняя. Цвет желтовато-серый, желтовато-бурый, бурый. Черта

белая, иногда буроватая. У кристаллических разновидностей наблюдается совершенная спайность в трех направлениях по граням ромбоэдра. Агрегаты сплошные зернистые, мраморовидные, плотные, натечные землистые, шаровидные, радиально-лучистого строения. Сингония тригональная.

**Отличительные признаки:** для сидерита характерны: неметаллический блеск, средняя твердость, желтый, бурый цвет, белая черта и вскипание при действии нагретой соляной кислотой.

**Химические свойства:** вскипает при взаимодействии с нагретой соляной кислотой.

**Происхождение:** встречается сидерит гидротермального происхождения, в зонах окисления, а также наблюдается в глубоководных участках прибрежной части морских заливов, лагун. На поверхности земли сидерит окисляется и переходит в лимонит.

**Спутники:** кальцит, доломит, гипс, ангидрит, глина, мергель, каменный уголь, пирит, кварц, галенит, сфалерит, халькопирит, гематит, лимонит.

**Применение:** сидерит – железная руда.

### Малахит – $Cu_2[CO_3](OH)_2$

**Физические свойства:** блеск стеклянный, шелковистый или матовый. Твердость средняя, землистые разности мягкие. Цвет ярко-зеленый, травяно-зеленый. Черта бледно-зеленая. Натечный, радиально-лучистый, концентрически-скорлуповатый, плотный землистый; редко кристаллы игольчатой формы. Сингония моноклинная.

**Отличительные признаки:** постоянными признаками для малахита являются: зеленый цвет и вскипание при взаимодействии с разбавленной соляной кислотой.

**Химические свойства:** малахит вскипает при взаимодействии с разбавленной соляной кислотой.

**Происхождение:** образуется малахит в результате химического выветривания медьсодержащих минералов (халькопирита, самородной меди и др.).

**Спутники:** азурит, кальцит, лимонит, медь самородная, халькопирит.

**Применение:** малахит используется как декоративный, поделочный камень, служит рудой для извлечения меди. Минеральная краска.

## Галоиды

Галоиды в природе встречаются ограниченно. Наибольшее значение из них имеют: флюорит, галит и карналлит.

### Галит – $NaCl$ (каменная соль, поваренная соль)

**Физические свойства:** блеск стеклянный. Твердость низкая. Бесцветный, белый, сероватый, розовый, красный, бурый, голубой, синий.

Черта белая. У кристаллического галита наблюдается совершенная спайность в трех направлениях по граням куба. Агрегаты сплошные, зернистые, плотные, листоватые, натечные, также друзы, кристаллы и налеты. Сингония кубическая.

**Отличительные признаки:** для галита характерен неметаллический блеск, низкая твердость, соленый вкус. Каменная соль похожа на сильвин. Отличается по вкусу (у сильвина горький вкус).

**Происхождение:** поверхностное; это большей частью лагунный и озерный химический осадок.

**Спутники:** сильвин, карналлит, гипс, ангидрит.

**Применение:** галит – сырье для получения соляной кислоты и ее солей. Без соли не обходится почти ни одна отрасль промышленности. В металлургии применяется для хлорирующего обжига; в керамике – для глазурирования глиняных изделий, в медицине и т. д.; галит также служит рудой для получения металлического натрия и хлора. Все процессы живой природы проходят на фоне водного раствора  $NaCl$ .

Металлический натрий применяется для получения сплавов, как восстановитель в металлургии, в качестве катализатора в производстве органических соединений.

### Карналлит – $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$

**Физические свойства:** блеск жирный. Твердость низкая или карналлит мягкий. Цвет красный, желтый. Калийная соль нередко пятнистая, полосчатая; чередуются серые, белые, красноватые и голубоватые цвета. Черта белая. Спайность отсутствует. Излом неровный. Сплошные зернистые массы. При сверлении острием ножа скрипит.

**Отличительные признаки:** для карналлита характерны жирный блеск, горький вкус, отсутствие спайности.

**Химические свойства:** карналлит легко растворяется в воде.

**Происхождение:** поверхностное – лагунный химический осадок, образующийся в условиях жаркого сухого климата.

**Спутники:** галит, сильвин, гипс, ангидрит.

**Применение:** карналлит – сырье для производства калийных удобрений. Карналлит – руда для получения металлического магния. Магний находит применение в металлургической промышленности как восстановитель при получении хрома, титана, ванадия.

### Флюорит – $CaF_2$ (плавиковый шпат)

**Физические свойства:** блеск стеклянный, твердость средняя. Хрупкий. Обычно образует зернистые скопления и отдельные кристаллы чаще кубической, реже октаэдрической формы. Цвет фиолетовый, зеленый, желтый и редко бесцветный.

Окраска исчезает при нагревании и вновь возвращается при облучении рентгеновскими лучами. В катодных лучах флюорит светится фиолетовым цветом. Спайность совершенная по октаэдру.

**Отличительные признаки:** для флюорита характерны хорошо образованные кубические и октаэдрические кристаллы, слабый тусклый блеск, совершенная спайность, часто наблюдается смена окраски в одном кристалле.

**Химические свойства:** флюорит растворяется в концентрированной кислоте, выделяя  $HF$ , разъедающий стекло.

**Происхождение:** флюорит образуется в основном при гидротермальных процессах, встречается в пегматитах, в осадочных породах.

**Спутники:** кварц, кальцит, антимонит, турмалин, берилл, топаз, барит.

**Применение:** используется в металлургии с целью получения более легкоплавких шлаков, т. к. он является хорошим флюсом для руд, ускоряя их плавление.

Выделенный фтор идет на изготовление плавиковой кислоты. Красиво окрашенные бездефектные участки используются в ювелирном деле.

## Сульфаты

Сульфаты содержат в своей кристаллической структуре комплексные анионы  $[SO_4]^{2-}$  и сильные двухвалентные основания:  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ .

В основном это минералы с пониженной твердостью, образуются в условиях повышенной концентрации кислорода и при относительно низких температурах (вблизи земной поверхности), большей частью экзогенные, некоторые хемогенные (гипс, мирабилит).

### Гипс – $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$ (легкий шпат)

**Физические свойства:** блеск – стеклянный, перламутровый, твердость – низкая (царапается ногтем большого пальца), легкий, гибкий, но не эластичный. В воде заметно растворим. Сингония моноклинная, кристаллы тонко- и толстотаблитчатые, часто бывают двойники («ласточкин хвост»).

Агрегаты зернистые – алебастр, листоватые или пластинчатые – «марьино стекло», конкреции, волокнистые – селенит.

Цвет – бесцветный, белый, желтоватый до черного.

**Отличительные признаки:** твердость, растворимость, своеобразный облик кристаллов и агрегатов.

**Химические свойства:** при воздействии хлористым бариером выделяется белый осадок барита.

**Происхождение:** хемогенно-осадочное в мелководных морских лагунах, за счет гидратации ангидрита в приповерхностной зоне, «гипсовые шляпы», на поверхности в пустынях за счет почвенной серы.

**Применение:** гипс применяется в сыром и обожженном виде в строительстве, при производстве вяжущих веществ, штукатурного и формовочного гипса, гипсового цемента, для получения серной кислоты, идет на мелкую скульптуру, в медицине.

### Барит – $BaSO_4$ (тяжелый шпат)

**Физические свойства:** блеск стеклянный, твердость средняя, плотность повышенная (тяжелый шпат), сингония ромбическая, кристаллы таблитчатые, призматические, агрегаты зернистые, пластинчатые, лучисто-волокнистые, лепестковые – часто образует в пустотах «баритовые розы». Цвет – бесцветный, белый, серый желтоватый, розовый, голубоватый, зеленоватый, иногда цвета в одном образце контрастно меняются.

**Химические свойства:** в порошкообразном виде барит медленно растворяется в концентрированной серной кислоте; от прибавления воды раствор мутнеет из-за выпадения  $BaSO_4$ . Растрескивается и плавится лишь по краям тонких осколков, окрашивая пламя в желто-зеленый цвет (характерный для бария).

**Происхождение:** в гидротермальных низко- и среднетемпературных месторождениях, в известняках, песчаниках, в глинах морского и озерного осадка, в пустотах основных изверженных пород.

Ассоциирует с флюоритом, кварцем, антимонитом, кальцитом и др.

**Применение:** барит используется как утяжелитель глинистых растворов при бурении скважин, в производстве лаков и красок, резины, бумаги, пластмасс. Барий, полученный из барита, используется в химической промышленности и медицине (рентгеноскопия ЖКТ). Барий, содержащий битумы, называется гепатитом.

## Фосфаты

Фосфаты – это соли фосфорной кислоты –  $H_3PO_4$ . Фосфаты составляют не более 0,1 % земной коры.

Самый распространенный минерал – апатит, фосфорит.

### Апатит – $Ca_5[PO_4]_3(F, OH_2, Cl)$

**Физические свойства:** блеск стеклянный, иногда жирноватый. Твердость средняя. Цвет зеленый, голубовато-зеленый, голубой, редко бесцветный, белый. Черта белая. Спайность слабо выражена. Сплошные зернистые массы, вкрапления или таблитчатые кристаллы, друзы. Сингония гексагональная. Очень хрупкий.

**Отличительные признаки:** для апатита характерен неметаллический блеск, средняя твердость, белая черта, слабо выраженная спайность,

зернистое строение, шестиугольная призматическая форма кристаллов, хрупкость.

**Химические свойства:** апатит растворяется в соляной и азотной кислотах.

**Происхождение:** образуется апатит в результате магматической дифференциации и по происхождению связан со щелочными магматическими породами.

**Спутники:** нефелин, ильменит, магнезит, кварц, полевошпат, слюды, касситерит, берилл, кальцит, флогопит, магнетит.

**Применение:** апатит и фосфорит называют «хлебным» камнем – применяются они для получения удобрений (суперфосфатов). Фосфатные минералы находят применение в литейном деле (придают литью большую текучесть; в химической и керамической промышленности).

## Вольфраматы

Вольфраматы – соли вольфрамовой кислоты  $H_2WO_4$ . Содержание вольфрамов в земной коре незначительно.

### Вольфрамит – $(Mn, Fe)WO_4$

**Физические свойства:** блеск металлический, стеклянный (зеркальный). Твердый или средней твердости. Цвет буровато-черный. Черта бурая, почти черная. Тяжелый. Спайность совершенная в одном направлении. Крупные таблитчатые кристаллы и вытянутые призмы в кварце. Сингония моноклиновая.

**Отличительные признаки:** для вольфрамита характерны: бурый до черного цвет, бурая, почти черная черта, совершенная спайность в одном направлении, большая плотность.

**Химические свойства:** при нагревании в крепкой соляной кислоте порошок вольфрамита разлагается с выделением желтого осадка  $WO_3$ , растворимого в аммиаке.

**Происхождение:** пневматолитовое, связано с кислыми магматическими породами.

**Спутники:** кварц, касситерит, молибденит, топаз, берилл, апатит, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит.

**Применение:** вольфрам – «звездный металл» – единственный металл, сохраняющий свои качества при высоких температурах, поэтому его используют при создании космических кораблей и космических аппаратов. Вольфрам находит применение в металлургии, в лампах накаливания. Он применяется для получения особых сортов твердой стали.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие физические свойства характерны для карбонатов?
2. Какова растворимость минералов класса карбонатов в соляной кислоте?
3. Какие изоморфные примеси характерны для кальцита и доломита?
4. Какие карбонаты образуются в зоне окисления сульфидных месторождений?
5. Какие карбонаты используются в металлургической промышленности?
6. Какие процессы происходят в карстообразовании и образовании сталактитов?
7. Чем обусловлены отличительные геохимические свойства галогенидов?
8. В каких геологических процессах образуются галогениды фтора, хлора, брома и йода?
9. Что общего у галенита и галита?
10. Какой минерал имеет синоним «плавиковый шпат» и ускоряет процессы плавления?
11. В каких условиях образуются сульфаты?
12. Условия образования вольфрамов?
13. На какой минерал похож вольфрамит и как их отличить?
14. Что такое фосфорит?
15. Какое практическое значение имеет апатит?

**Тема 13. КЛАСС СИЛИКАТОВ**

Класс силикатов и алюмосиликатов – самый широко распространенный в природе класс минералов. Силикаты и алюмосиликаты составляют 95 % массы земной коры (по весу). Одна треть известных в настоящее время минералов относится к этому классу.

Силикаты и алюмосиликаты в основной своей массе представляют породообразующие минералы, некоторые из них используются в качестве драгоценных камней, служат рудой для извлечения металлов и представляют нерудные полезные ископаемые. Силикаты используются в керамическом и огнеупорном производстве (каолинит, полевые шпаты, асбест, оливин), сельском хозяйстве, как удобрение, в электротехнике (слюда) и других производствах. Они делятся на безводные и водные.

Принцип образования минералов – силикатов основан на «скелетной» роли кремнекислородного тетраэдра, структуры с очень прочными связями. Кремнекислородный тетраэдр представляет собой анион  $[SiO_4]^{-4}$ , в центре которого находится атом кремния Si, а в вершинах – атомы кислорода. Способ соединения между собой кремнекислородных тетраэдров с включением в молекулу самых различных элементов определяет образование

минерала с определенным кристаллографическим строением, согласно которому облик кристаллов силикатов может быть в виде изометричных, призматических, шестоватых, листоватых фигур.

## БЕЗВОДНЫЕ СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ

### Группа полевых шпатов

Полевые шпаты – наиболее распространенные минералы в земной коре. Полевые шпаты составляют около 50 % силикатов (по весу), входящих в состав земной коры.

Большей частью они встречаются в магматических породах (около 60 %), затем в метаморфических (около 30 %) и около 10 % – среди осадочных пород.

Полевые шпаты по химическому составу делятся на кали-натровые и натрово-известковые, или плагиоклазы.

### Кали-натровые полевые шпаты

#### Ортоклаз – $K[AlSi_3O_8]$

**Физические свойства:** блеск стеклянный, перламутровый, в выветрелых разностях – матовый. Твердый. Цвет желтый, розоватый, красный, белый, сероватый, реже бесцветный. Черты не дает; выветрелые разности дают белую черту. Спайность совершенная.

Сплошной зернистый, плотный, агрегат вкрапления, реже кристаллы, друзы и двойники. Сингония моноклиновая.

**Отличительные признаки:** для ортоклаза характерны: неметаллический блеск, большая твердость (оставляет царапину на стекле) и совершенная спайность в двух направлениях. Угол между плоскостями спайности прямой.

**Химические свойства:** на ортоклаз кислоты не действуют.

**Разновидности:** 1. Адуляр (ледяной шпат) – бесцветный, прозрачный. 2. Санидин – стекловиден. 3. Солнечный камень – отликает золотистым блеском. 4. Лунный камень – обладает своеобразным нежно-синеватым отливом.

**Происхождение:** пегматитовое происхождение наиболее характерное.

**Спутники:** кварц, альбит, роговая обманка, слюды, топаз, берилл, каолинит.

**Применение:** калиевые полевые шпаты находят применение в керамической, стекольной промышленности. Лунный и солнечный камни – облицовочные и поделочные материалы.

### Микроклин – $K[AlSi_3O_8]$

**Физические свойства:** по составу аналогичен ортоклазу. Блеск стеклянный или слабо перламутровый на гранях спайности. Цвет кремовый, зеленовато-серый, розовый, бирюзовый (амазонит). Черта светлая. Твердость высокая. Спайность совершенная по двум направлениям, сингония моноклинная. Кристаллы призматические. Агрегаты зернистые, плотные, друзы, вкрапленники.

**Происхождение:** породообразующий минерал кислых, средних и щелочных магматических пород, продукт высокотемпературных гидротермальных изменений пород, пегматитов. Ассоциации: кварц, слюды, берилл и другие.

**Применение:** такое же, как и у ортоклаза, амазонит и амазонитовый гранит – декоративные камни.

### Натрово-известковые полевые шпаты или плагиоклазы

#### Лабрадор – $Ab_{50}An_{50}$ – $Ab_{30}An_{70}$ или

$Na[AlSi_3O_8] + n \cdot Ca[Al_2Si_2O_8]$ , где  $n$  от 0 до 100

**Физические свойства:** блеск стеклянный. Твердый. Цвет черный, темно-серый, зеленовато-серый. Характерна синяя ирризация на плоскостях спайности. Черты не дает. Спайность совершенная. Угол между плоскостями спайности отличается от прямого на  $3,5\text{--}4,0^\circ$ . Сингония триклинная. Сплошной агрегат крупнозернистый. Кристаллы редки.

**Отличительные признаки:** для лабрадора характерны: неметаллический блеск, большая твердость (оставляет царапину на стекле), ирризация в синих, зеленых тонах на плоскостях спайности, часто наблюдаются широкие двойниковые полосы и крупнозернистое строение.

**Происхождение:** образуется лабрадор в результате кристаллизации основных магм.

**Применение:** облицовочный материал в строительстве.

#### Альбит – $Na[AlSi_3O_8]$

**Физические свойства:** блеск стеклянный. Цвет белый, голубовато-белый (в нефелиновых пегматитах зеленоватый). Черта белая. Твердость высокая. Плотность средняя. Сингония триклинная. Спайность совершенная. Кристаллы таблитчатые, пластинчатые, часты сростки. Излом неровный.

**Разновидности:** сахаровидный альбит, таблитчатый, лейстовый клеветландит.

**Диагностические признаки:** белый цвет, иногда с тонкой штриховкой на плоскостях спайности, высокая твердость.

**Происхождение:** породообразующий минерал магматических пород, продукт метасоматических и гидротермальных процессов, в нефелиновых сиенитах и пегматитах.

**Применение:** такое же, как и других полевых шпатов.

## Группа нефелина

### Нефелин – $KNa_3 [AlSiO_4]$

**Физические свойства:** блеск на поверхности кристаллов стеклянный, в изломе жирноватый. Легко выветривается и становится матовым. Твердый. Цвет желтоватый, красновато-бурый, серый, зеленоватый. Кристаллы бесцветные, водяно-прозрачные. Черты не дает. Сингония гексагональная.

**Отличительные признаки:** для нефелина характерны жирноватый блеск в изломе, большая твердость (оставляет царапину на стекле), отсутствие спайности.

**Химические свойства:** нефелин легко разлагается в соляной и серной кислотах и выделяет студневидный кремнезем.

**Происхождение:** магматическое.

**Спутники:** альбит, биотит, ильменит, апатит, эгирин, авгит.

**Применение:** нефелин служит рудой на алюминий; используется в сельском хозяйстве; в стекольно-керамической, абразивной (получение искусственного корунда) и цементной промышленности. Отходы от переработки нефелиновых руд используются для каменного литья.

## Группа оливина

### Оливин – $(Mg, Fe)_2 [SiO_4]$

**Физические свойства:** блеск стеклянный. Твердый. Цвет оливково-зеленый. Черты не дает. Спайности нет, характерны сплошные зернистые массы. Кристаллы редки. Сингония ромбическая.

**Отличительные признаки:** для оливина характерны неметаллический блеск, большая твердость (оставляет царапину на стекле).

**Химические свойства:** порошок оливина разлагается серной и соляной кислотами и выделяет студневидный кремнезем.

**Синонимы:** хризолит, перидот.

**Происхождение:** магматическое.

**Спутники:** гиперстен, основной плагиоклаз, хромит, магнетит, платина, кальцит, доломит, флогопит, серпентин, асбест, тальк, хлорит, гематит, лимонит, опал, алмаз, пироп.

**Применение:** хризолит используется в ювелирном деле. Оливин применяется для изготовления огнеупорных кирпичей и как магниезальное удобрение.

## Гранаты

Гранаты – группа минералов изоморфных рядов пироп-альмандин и альмандин-спессартин, где цвет и некоторые свойства зависят от присутствия  $Mg$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Mn$ ,  $Ca$  или  $Al$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Cr$ ,  $Ti$ .

**Физические свойства:** блеск стеклянный, цвет красный, малиновый, коричневый, черный, желтый, зеленый разной интенсивности, бесцветные; сингония кубическая, спайности нет, излом неровный, раковистый, кристаллы ромбододекаэдрические или тетрагон-триоктаэдрические. Агрегаты зернистые, в виде щеток, массивные сростки, отдельные кристаллы. Твердость высокая, плотность выше средней.

**Диагностические признаки:** изометрический облик кристаллов, напоминающий зерно плода граната, цвет, высокая твердость.

**Происхождение:** образуется при метаморфических, реже магматических процессах.

**Применение:** прозрачные кристаллы и красиво окрашенные гранаты относятся к полудрагоценным камням, служат заменителем корундов в приборостроении, в электронике (как ферромагнитный материал, для изготовления абразивов).

## Контрольные вопросы:

1. Какой принцип положен в основу современной кристаллохимической классификации силикатов?
2. Какова роль кремния и алюминия в структуре силикатов?
3. С чем связаны усложнения химического состава минералов класса силикатов?
4. Какие Вы знаете силикаты меди? В каких условиях они образуются?
5. По каким признакам отличают калиевые полевые шпаты от плагиоклаза?

## Группа пироксенов

**Цель:** научить студентов диагностировать минералы группы пироксенов.

**Пироксены** – изоморфный ряд породообразующих минералов сложного химического состава, в которых определяющим является содержание железа, а содержание кальция указывает на температуру кристаллизации.

Общим для всех пироксенов являются такие характерные свойства, как высокая твердость, средний удельный вес, совершенная спайность под углом  $87^\circ$ . Цвет пироксенов от серовато-зеленого до темно-зеленого. Пироксены – эгирин и авгит – чаще черного цвета.

**Происхождение** пироксенов чаще магматическое при довольно высоких температурах и давлениях, реже они являются результатом метаморфизма.

### Авгит – $Ca(Mg, Fe, Al)[(SiAl)_2O_6]$

**Физические свойства:** блеск стеклянный, цвет зеленый, бурый, черный, черта светло-зеленая, твердость высокая, излом неровный, спайность ясная под углом, близким к прямому, кристаллы призматические восьмиугольные, плотность средняя.

**Происхождение:** породообразующий минерал основных магматических пород, часто входит в состав нефелиновых сиенитов.

### Диопсид – $CaMg[Si_2O_6]$

Образуется в условиях метаморфизма, характерен для магнезиальных скарнов, в известковых скарнах ассоциирует с волластонитом, гранатом, гроссуляром, везувианом и тремолитом, входит в состав пироксенитов, габбро, диабазов, сиенитов, базальтов. Кристаллы чаще короткопризматические, цвет зеленый до оливкового. Практического значения не имеет.

## Силикаты ленточные (амфиболы)

Минералы этой группы очень похожи внешне и по происхождению на пироксены – цвет и облик кристаллов. Высокая твердость, средняя плотность, но строение кристаллов более сложное, у большинства амфиболов шелковистый блеск, вытянутые, столбчатые, часто игольчатые кристаллы (актинолит, тремолит) шестиугольного сечения, более совершенная спайность под углом  $124^\circ$  ( $56^\circ$ ), тогда как у пироксенов этот угол близок к прямому ( $87^\circ$ ). Как пироксены, они кристаллизуются в ромбической и моноклинной сингониях.

### Группа амфиболов

#### Роговая обманка – $Ca_2Na(Mg, Fe)_4(Al, Fe)[(Si, Al)_4O_{11-2}[OH]_2]$

**Физические свойства:** блеск стеклянный или роговая обманка матовая. Твердая. Цвет от темно-зеленый до черного. Непрозрачна. Черта серая, зеленовато-серая. Угол между плоскостями призматической спайности  $124^\circ$ . Удлиненные, призматические, плоские кристаллы и сплошные массы игольчатого или призматического строения. Сингония моноклинная.

**Отличительные признаки:** для роговой обманки характерны: неметаллический блеск, темно-зеленый или черный цвет, игольчатое и призматическое строение.

**Химические свойства:** роговая обманка в кислотах не растворяется.

**Разновидности:** 1. Обыкновенная роговая обманка. 2. Базальтическая роговая обманка. 3. Уралит.

**Происхождение:** метаморфическое, магматическое.

**Спутники:** кварц, полевые шпаты, магнетит, биотит, серпентин, асбест, хлорит.

**Применение:** роговая обманка практического значения не имеет (является порообразующим минералом).

### Актинолит – $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$

**Физические свойства:** сингония моноклинная, агрегаты зернистые, лучистые, цвет от светло-зеленого до зелено-черного. Плотность средняя. Разновидности: амфибол-асбест, нефрит, смарагдит, уралит, манганактинолит, амозит.

**Происхождение:** актинолит – продукт низкой степени регионального метаморфизма (в сланцах), в контактовых зонах измененных ультраосновных пород, в скарнах.

**Применение:** нефрит является ценным поделочным камнем.

## Водные силикаты и алюмосиликаты

### Силикаты листовые

#### Группа слюд

### Мусковит – $\text{KAi}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$

**Физические свойства:** блеск стеклянный, перламутровый. Мягкий или средней твердости. Бесцветный, белый. Черты не дает. Весьма совершенная спайность. Агрегаты листоватые, чешуйчатые. Листочки упруго-гибкие, прозрачные. Тонкочешуйчатая разновидность – серицит.

**Отличительные признаки:** для мусковита характерны: неметаллический блеск, небольшая твердость, весьма совершенная спайность. Агрегаты листоватые, чешуйчатые. Листочки упруго-гибкие.

**Происхождение:** регионально-метаморфическое, магматическое.

**Спутники:** кварц, полевые шпаты, нефелин, топаз, берилл, кальцит, апатит.

**Применение:** мусковит – самый надежный и долговечный диэлектрик. Слюда находит применение в индустрии строительных материалов, в деревообрабатывающей промышленности, используется в производстве автомобильных стекол и т. д.

### Биотит – $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$

**Физические свойства:** блеск стеклянный, перламутровый, цвет черный, темно-зеленый, бурый, в тонких пластинах прозрачен, черта белая и зеленоватая. Твердость низкая, пластины упруги. Плотность средняя. Кристаллы таблитчатые, пластинчатые, гексагональные. Сингония моноклинная. Спайность совершенная. Агрегаты столбчатые гексагональные, чешуйчатые.

**Происхождение:** биотит входит в состав средних и кислых интрузивных пород, изменяется в хлорит, при выветривании – в вермикулит, также в мусковит, каолинит, гидробиотит, монтмориллонит.

**Разновидности:** лепидомелан, тетраферрибиотит, воданит, литиевый биотит, натробиотит, цезиевый биотит.

**Практическое значение:** биотит используется для определения абсолютного возраста аргоновым и стронциевым методом, в качестве электроизоляционного (в реле) и тугоплавкого материала. Мелкая крошка, также как и мусковит, используется в декоративных плитах.

## Группа каолина

### Каолинит – $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

**Физические свойства:** блеск жирный или каолинит матовый. Мягкий. Жирен на ощупь. Окраска различная, чаще буроватая. Черта белая. Землистый, плотный. С водой дает пластичную массу (отличие от боксита). Если подышать на него, издает запах глины.

**Отличительные признаки:** для каолинита характерны: небольшая твердость, белый цвет, землистое, плотное строение, землистый запах.

**Происхождение:** каолинит образуется в результате химического выветривания алюмосиликатов, особенно полевых шпатов.

**Применение:** каолинит применяется в фарфоро-фаянсовой, химической (как огнеупор), текстильной, бумажной, электроизоляционной промышленности, в строительном деле. Каолиновая вата используется в качестве теплоизоляционного материала в различных печах, газовых турбинах и т. д.

### Тальк – $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ (тальковый камень)

**Физические свойства:** блеск жирный, на плоскостях спайности перламутровый, цвет белый, бирюзовый, розовый; твердость очень низкая, плотность средняя. Сингония моноклинная. Спайность совершенная в одном направлении, расщепляется на листочки. Кристаллы листоватые и чешуйчатые. Агрегаты плотные мелкочешуйчатые, листоватые. Химически инертен, термостоек.

**Отличительные свойства:** жирен (ощущение намыленности) на ощупь, очень мягкий, имеет характерный цвет. Разновидности: благородный тальк, стеатит.

**Происхождение:** тальк – продукт гидротермальной переработки ультраосновных (магнезиальных) горных пород.

**Применение:** тальк используется как присыпка (детская, основа пудры), в резиновой, бумажной промышленности, медицине, в качестве кислотоупорного и огнеупорного материала.

### Серпентин – $Mg_6 [Si_4O_{10}] (OH)_8$ (змеевик)

**Физические свойства:** блеск жирный, восковой, шелковистый. Цвет желто-зеленый, светло-зеленый, голубоватый до темно-зеленого (змеевик). Черта белая, зеленоватая. Твердость средняя, плотность средняя. Сингония моноклинная и ромбическая. Спайность совершенная.

Излом раковистый в сплошных разностях, занозистый – в волокнистых. Кристаллы пластинчатые, волокнистые (хризотил-асбест), мелкие зерна. Агрегаты – плотные массивные (змеевик), сноповидные волокнистые (хризотил-асбест).

**Разновидности:** хризотил, антигорит, лизардит.

**Диагностические признаки:** серпентин отличается по характерной оливково-зеленой с белыми прожилками окраске, слабому жирному блеску. Асбест – по волокнистому строению и шелковистому блеску.

**Происхождение:** гидротермальный метаморфизм ультраосновных магматических горных пород. Практическое применение: асбест употребляется для изготовления огнеупорных тканей, пожарного оборудования, картона, прокладок, шифера. Серпентин плотных разновидностей – хороший поделочный и облицовочный камень.

### Хлориты – $(Mg, Fe^{2+}Al, Fe^{3+})_5 [AlSi_3O_{10}](OH)_2$

Хлориты – группа минералов, водные метаалюмосиликаты слоистой структуры.

**Физические свойства:** все хлориты обладают моноклинной или триклинной сингонией, габитус пластинчатый, таблитчатый, псевдогексагональный. Спайность совершенная в одном направлении. Агрегаты: чешуйчатые, сферолитовые, оолитовые, скрытокристаллические. Цвет главным образом зеленый, редко розово-красный (содержит хром), буро-черный (железо-хлорит). Твердость низкая. Плотность средняя.

**Происхождение:** главным образом при гидротермальном изменении изверженных пород за счет магний-железо-минералов, в зеленых сланцах, в продуктах выветривания горных пород, в глинах.

**Практическое применение:** клинохлор красивой лучистой структуры используется как поделочный камень.

### Контрольные вопросы:

1. Какие минералы класса силикатов используются благодаря своим особым физическим свойствам (электроизоляционным, теплоизоляционным и т. д.)?
2. Какое значение для промышленности имеет нефелин?
3. Какие минералы класса силикатов являются драгоценными и поделочными камнями?
4. Почему такое большое количество минералов объединено в один класс – силикаты?
5. Что из себя представляют водные силикаты?

## Тема 14. МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ЗЕМЛИ

Природные минеральные богатства называются полезными ископаемыми.

Развитие и существование современного общества невозможно без добычи полезных ископаемых – минералов и горных пород, полностью или частично используемых в народном хозяйстве.



Полезные ископаемые, извлекаемые из недр, называются **минеральным сырьем**.

Скопления в земной коре полезных ископаемых, пригодных для промышленного освоения, называются **месторождениями**. Горные породы, из которых извлекаются полезные ископаемые, выделяют группы черных, цветных, легких, редких, благородных и радиоактивных металлов. **Руда** – это минерал, из которого технологически возможно и экономически целесообразно извлекать промышленным способом металлы или минералы для использования их в народном хозяйстве.

К группе **черных металлов** относятся: железо, титан, хром, марганец, ванадий.

Руды **железа** используются для выплавки чугуна, стали и ферросплавов. Важнейшие минералы железа – это магнетит, гематит, лимонит и сидерит.

**Титан** используется в виде сплавов с алюминием, марганцем, железом, ванадием и медью. Такие сплавы обладают высокой стойкостью, жаропрочностью, коррозионной устойчивостью и небольшим удельным весом. Они находят широкое применение в самолето-, ракето- и судостроении. Титан используется также при изготовлении белил, в производстве линолеума, искусственного шелка, цветного стекла, глазури, при окраске кож и тканей. Основными минералами титана являются ильменит, рутил, сфен.

**Хром** находит широкое применение в металлургической промышленности для выплавки высококачественных сталей, а также при хромировании металлических изделий и получении хромовых препаратов. Сплавы хрома с железом, никелем, кобальтом отличаются твердостью, вязкостью, прочностью. Единственным рудным минералом хрома является хромит.

**Марганец** применяется в металлургической промышленности для выплавки высококачественных сталей. Незначительная часть его идет на изготовление сухих батарей, получение химических препаратов, в керамическую и стекольную промышленность. Наиболее важные минералы марганцевых руд – это пиролюзит, манганит и псиломелан.

К группе **цветных металлов** относятся: медь, свинец, цинк, никель и др.

**Медь** – это второй после железа металл по масштабам применения в народном хозяйстве. Она используется главным образом в электропромышленности. Сплавы меди с оловом, бериллием, алюминием (бронза), цинком (латунь), никелем (мельхиор) находят широкое применение в машиностроении, автомобилестроении, при изготовлении химической аппаратуры. Основными минералами меди являются халькопирит, борнит, халькозин, малахит, азурит.

**Свинец** применяется в электропромышленности для аккумуляторных батарей, оболочки кабеля, при изготовлении мягких сплавов для подшипников и типографических шрифтов, охотничьей дроби, бронзы, свинцовых белил, фольги, а также в качестве защитных экранов при работе с радиоактивными веществами и рентгеновской аппаратурой. Главными промышленными минералами свинца являются галенит, церуссит.

**Цинк** служит для покрытия железных листов, труб, проводов, для предохранения их от окисления, а также используется в производстве латуни и других сплавов. Основные минералы цинка – сфалерит и смитсонит.

**Никель** используется для покрытия изделий из железа и стали, изготовления сплавов с медью, хромом, алюминием, кобальтом, марганцем, золотом и серебром, а также для изготовления высококачественных сталей. Основными рудными минералами являются пентландит, никелин.

К группе **легких металлов** относятся: алюминий, магний, бериллий.

**Алюминий** – это третий, после серебра и меди, по электропроводности металл. Он применяется в электропромышленности как заменитель меди. Значительная часть алюминия применяется для изготовления сплавов

с медью, магнием, марганцем и кремнием. Эти сплавы обладают высокой механической прочностью и применяются в авиастроении, судостроении и приборостроении. Главные минералы алюминия – это диаспор, бемит, гидраргиллит в составе боксита и нефелин.

**Магний** используется при изготовлении легких сплавов с алюминием, цинком, марганцем, применяется в самолетостроении и ракетостроении и в автомобильной промышленности. Основные минералы магния – это карналлит и магнезит.

**Бериллий** добавляется в сплавы с магнием, алюминием, медью, цинком. Они обладают большой прочностью, жаропрочностью и применяются в самолето- и ракетостроении, атомной промышленности в телевизионных и электронных приборах. Главными минералами бериллия являются: берилл, фенакит, берtrandит.

К группе **редких металлов** относятся: вольфрам, молибден, олово, цирконий, ниобий, тантал, ртуть.

**Вольфрам** (главные минералы – вольфрамит, шеелит) и **молибден** (молибденит) используются в производстве высококачественных сталей; олово (касситерит) – для получения различных сплавов, белой жести, фольги, химических препаратов.

**Цирконий** (циркон), **тантал** (танталит) и **ниобий** (колумбит и пирохлор) применяются для производства специальных очень стойких сортов стали и сплавов, используемых в самолетостроении и электротехнике.

Из **благородных металлов** наибольшее значение имеют платина, золото и серебро.

**Платина** является химически стойким, тугоплавким и электропроводным металлом. Используется она в химической, электротехнической промышленности и в ювелирном деле. В природе платина встречается в самородном виде.

**Золото** используется в электротехнической промышленности, ювелирном деле и как валютный металл. Добывается из россыпей и коренных месторождений. Промышленной считается руда, содержащая 1–2 г золота на 1 тонну руды.

**Серебро** применяется в сплавах с медью для изготовления серебряных изделий, а также используется для получения бромистого серебра, которое идет на изготовление чувствительных материалов для кино- и фотографии. Встречается серебро в самородном виде и как составная часть в полиметаллических минералах (галенита), коллоидное серебро – в медицине.

**Радиоактивными металлами** являются уран, плутоний, торий, радий. Из них основная роль принадлежит урану. Главным рудным минералом урана является уранинит (урановая смолка).

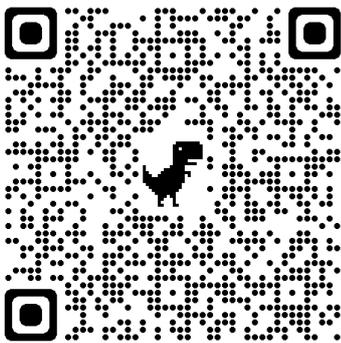
**Неметаллическими полезными ископаемыми** являются: сера, соли, фосфаты, плавиковый шпат, графит, асбест, слюды, алмаз, ювелирные

и поделочные камни, строительные материалы. Они применяются в различных отраслях промышленности и технике. Темп развития нерудной промышленности в развитых странах в несколько раз выше, чем рудной. К группе **горючих полезных ископаемых** относятся торф, угли, нефть, газ. Они являются основным источником энергии для большинства видов транспорта, тепловых электростанций, доменных печей, а также широко применяются в качестве сырья для химической промышленности и т. д.

К **гидротермальным полезным ископаемым** относятся поверхностные и подземные воды, а также термальные и минерализованные источники. Вода является важным стратегическим сырьем. Без нее немыслима жизнь, развитие жизни и т. д. В Средней Азии вода широко используется для орошения.

### Контрольные вопросы:

1. Что такое полезное ископаемое?
2. Что называется, рудой, месторождением, минеральным сырьем?  
Перечислить виды минерального сырья.
3. Какие металлы относятся к цветным и их применение в народном хозяйстве, и какие из них используются в металлургии?
4. Какие металлы относятся к группе черных металлов и для чего они используются?
5. Назвать главные минералы редких металлов. Известные полезные ископаемые Кыргызстана и России.



# ЧАСТЬ III • ПЕТРОГРАФИЯ

**Петрография** – наука, изучающая горные породы (греч. «петро» – камень и «графос» – пишу).

Горными породами называются агрегаты минералов более или менее постоянного состава, образующие земную кору. Горные породы по происхождению делятся на *магматические* (изверженные), *осадочные* и *метаморфические*.

## Тема 15. МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

*Магматические горные породы* образуются путем охлаждения и затвердевания магмы в толще земной коры или излившейся на поверхность Земли при вулканических извержениях.

По условиям образования магматические горные породы делятся на: глубинные, или интрузивные, и излившиеся, или эффузивные.

По химической классификации магматические горные породы подразделяются на:

Кислые породы, содержащие 65–70 % кремнекислоты.

Средние породы, содержащие 52–65 % кремнекислоты.

Основные породы, содержащие 40–52 % кремнекислоты.

Ультраосновные породы, содержащие 35–40 % кремнекислоты.

### Кислые породы

#### Гранит

**Строение:** кристаллическое, причем может быть крупнозернистое, мелкозернистое, тонкозернистое.

**Минералогический состав:** гранит состоит из полевого шпата, кварца, присутствуют в небольшом количестве слюды, реже роговая обманка. Темноцветных минералов (роговая обманка, биотит) содержит очень мало (около 5–10 %). Окраска светлая, светло-серая, желтоватая, розовая, красноватая, бирюзовая (амазонитовые граниты).

**Отличительные признаки:** для гранита характерны: кристаллическое строение, большая твердость (оставляет царапину на стекле), содержание полевого шпата и кварца, светлая окраска, небольшая плотность.

**Происхождение:** гранит – интрузивная магматическая порода.

**Формы залегания:** батолиты, штоки, лакколлиты, реже дайки.

**Применение:** гранит широко используется как строительный и облицовочный материал. Из гранита изготавливают детали различных машин и агрегатов для целлюлозно-бумажной, пищевой, станкостроительной, металлургической и фарфорово-фаянсовой промышленности. Эффузивным аналогом гранита являются пемза и обсидиан.

## Средние породы

### Сиенит

**Строение:** среднезернистое, мелкозернистое, гигантозернистое.

**Минералогический состав:** кварца нет или очень мало. Основной минерал – полевой шпат. Присутствуют в небольшом количестве роговая обманка, авгит, иногда черная слюда (биотит). Темноцветных минералов содержит мало (около 15 %). Очень напоминает гранит, от которого отличается отсутствием кварца.

**Окраска:** светлая: розовая, красная, светло-серая, белая.

**Отличительные признаки:** для сиенита характерны: кристаллическое строение, содержание в основном полевого шпата, отсутствие или содержание в небольшом количестве кварца, светлая окраска, небольшая плотность.

**Происхождение:** интрузивная магматическая порода.

**Форма залегания:** шток.

**Применение** имеет такое же применение, как и гранит.

### Нефелиновый сиенит

**Строение:** крупнозернистое, среднезернистое, мелкозернистое.

**Минералогический состав:** кварца нет. Основные минералы – полевой шпат и нефелин. Могут присутствовать в небольшом количестве роговая обманка, пироксены, иногда встречается биотит.

**Окраска:** светлая: зеленоватая, сероватая.

**Отличительные признаки:** для нефелинового сиенита характерны: кристаллическое строение, содержание полевого шпата и нефелина, светлая окраска, небольшая плотность.

**Отличительные признаки:** для пегматита характерны: крупнокристаллическое или пегматитовое строение, содержание полевого шпата и нефелина, светлая окраска, небольшая плотность.

**Происхождение:** глубинная магматическая порода.

**Формы залегания:** штоки, лакколлиты.

**Применение:** нефелиновый сиенит используется в качестве алюминиевой руды, для получения соды, цемента, поташа, а также в производстве хрусталя.

## Диорит

**Строение:** среднезернистое, мелкозернистое.

**Минералогический состав:** кварца нет или очень мало. Основной минерал – полевой шпат (две трети плагиоклаза, одна треть ортоклаза, микроклина). Присутствуют: роговая обманка, авгит, иногда биотит. Темноцветных минералов (роговая обманка, авгит, биотит) содержит больше, чем сиенит. Светлые составные части преобладают над темноцветными.

**Окраска:** серая, темно-серая, зеленовато-серая.

**Отличительные признаки:** для диорита характерно кристаллическое строение, содержание в основном полевого шпата, отсутствие или содержание в небольшом количестве кварца, темная окраска, небольшая плотность.

**Происхождение:** диорит – интрузивная магматическая порода.

**Формы залегания:** штоки, краевые части габбро, сиенитов, гранитов.

**Применение:** такое же, как и гранита.

Эффузивными аналогами средних пород являются андезиты.

## Основные породы

### Габбро

**Строение:** крупнозернистое, среднезернистое.

**Минеральный состав:** кварц отсутствует. Габбро состоит из плагиоклаза (лабрадор), оливина и пироксена, амфибола. В габбро плагиоклаза около 60 %. Редко присутствует роговая обманка, иногда биотит. Темноцветных минералов около 50 %. Нередко содержит магнитный железняк и титанистый железняк.

**Окраска:** темная: темно-зеленая, черная, пестрая с контрастными кристаллами темных и светлых минералов.

**Отличительные признаки:** для габбро характерны: полнокристаллическое строение, содержание в основном полевого шпата и пироксена, отсутствие кварца, темная окраска, большая плотность. Бывают оливинные габбро и роговообманковые.

**Происхождение:** глубинная магматическая порода.

**Формы залегания:** штоки, силлы.

**Применение:** габбро применяется в качестве облицовочного материала.

### Базальт

**Строение:** плотное, пористое, миндалекаменное. Излом неровный. Шероховатый на ощупь.

**Минеральный состав:** без микроскопа неопределим. Под микроскопом обнаруживается состав, аналогичный минералогическому составу габбро. Базальт состоит из оливина, авгита и полевого шпата (плагиоклаза).

**Окраска:** черная, темно-серая.

**Отличительные признаки:** для базальта характерны: плотное, стекловатое, тонкозернистое строение, неровный излом, темная окраска, большая плотность, часто пористость, миндалекаменное строение.

**Происхождение:** вулканическая порода основного состава.

**Формы залегания:** потоки, покровы, купола, дайки.

**Применение:** базальт используется как строительный, облицовочный, кислотоупорный материал и в качестве сырья для каменного литья.

## Ультраосновные породы

### Дунит

**Строение:** среднезернистое, мелкозернистое, криптозернистое.

**Минералогический состав:** состоит в основном из оливина. При гидротермальных изменениях оливин переходит в серпентин. Нередко содержит хромистый железняк и магнитный железняк.

**Окраска:** темная: темно-зеленая, почти черная, желтовато-зеленая.

**Отличительные признаки:** для дунита характерно кристаллическое строение, содержание оливина, темная окраска, большая плотность.

**Происхождение:** глубинная магматическая порода.

**Применение:** дунит – ценное огнеупорное сырье (теплоизоляционные вкладыши, применяемые при разливе стали, изготовлении огнеупоров, выпуск опок при литье стали в машиностроении).

### Пироксенит

**Строение:** полнокристаллическое.

**Минеральный состав:** пироксены, иногда разные; нередко присутствует роговая обманка. Из акцессорных минералов встречаются: оливин, биотит, плагиоклаз, гранат, шпинель и рудные минералы – магнетит, ильменит, хромит, сульфиды. Пироксены характерны для щелочно-ультраосновных комплексов.

**Окраска:** темно-зеленая до черной.

**Отличительные признаки:** присутствие удлиненных кристаллов пироксена, темная окраска, плотность.

**Происхождение:** глубинная интрузивная порода. С ультраосновными породами генетически связаны платина и металлы платиновой группы.

## Жильные магматические породы

### Пегматит

**Строение:** крупнокристаллическое или пегматитовое (проращение полевого шпата кварцем).

**Минералогический состав:** состоит из полевого шпата и кварца.

**Окраска:** светлая, сероватая, белая, красноватая.

**Отличительные признаки:** для пегматита характерны крупно- и гигантокристаллическое или пегматитовое строение, содержание полевого шпата и кварца, светлая окраска, небольшая плотность и залегание в виде жил.

**Происхождение:** магматическая жильная порода.

**Форма залегания:** залегает в виде жил.

**Значение:** большую практическую ценность представляют пегматиты, связанные по происхождению с породами гранитного типа и с нефелиновыми сиенитами, в связи с тем, что иногда содержат ряд ценных минералов: топаз, вольфрамит, касситерит и др. Полые пегматитовые жилы – «хрустальные погреба» – источник получения редких и драгоценных минералов.

## Вулканические породы

### Обсидиан (вулканическое стекло)

**Строение:** плотное, стекловидное, излом раковистый.

**Окраска:** встречается черный, как южная ночь обсидиан, серый, красный, бурый, сургучный, бывает обсидиан пятнистый и полосчатой окраски, радужный.

**Отличительные признаки:** для обсидиана характерны: плотное строение, стекловатость, раковистый излом, стеклянный блеск, серая, почти черная, бурая окраска.

**Происхождение:** вулканическое, кислого и среднего состава.

**Применение:** обсидиан используется в производстве теплоизоляционных и строительных материалов, а также как поделочный камень.

### Контрольные вопросы:

1. Что из себя представляет горная порода?
2. Как горные породы подразделяются по происхождению?
3. Как образуются магматические горные породы?
4. Какие минералы называются минералами-индикаторами кислотности?
5. На что указывает значительное содержание в породе оливина, при отсутствии кварца?
6. Что определяет незначительное содержание в породе оливина, при отсутствии кварца?
7. Применение магматических пород?

## Тема 16. ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Поверхностные толщи земной коры на 75 % состоят из *осадочных горных пород*.

Наибольшее распространение на нашей планете имеют осадочные породы морского происхождения.

*Осадочные породы* представляют собой продукты механического и химического выветривания магматических и метаморфических пород, некоторые осадочные породы образуются при участии живых организмов.

Основная масса полезных ископаемых добывается из осадочных толщ (70 %). Осадочные породы используются как строительные материалы, а также в стекольной, металлургической, химической промышленности, в качестве минеральных удобрений и т. д. По условиям образования и составу осадочные породы подразделяются на: обломочные, глинистые, химические (хемогенные), органические (органогенные) и смешанные (органогенно-хемогенные, обломочно-хемогенные). Самые распространенные из осадочных пород – глинистые (около 40 %). Затем идут обломочные породы (30 %), известняки и доломиты (25 %) и 5 % остается на долю остальных осадочных пород (пирогенные).

Реже встречаются осадочные породы морского происхождения – гипсы и соли, а также пирогенные осадки – вулканические пеплы, которые, цементируясь, образуют вулканические туфы. Месторождения солей имеют большое экономическое значение, как сырье для пищевой и химической промышленности, а вулканические туфы являются ценным строительным материалом с хорошими декоративными свойствами.

### Обломочные горные породы

#### Брекчия

Строение обломочное. Крупные остроугольные обломки (щебень, дресва) сцементированы в сплошную массу. Цементирующими веществами могут служить: известняк, гипс, глина, кварц, халцедон, опал и т. д.

**Отличительные признаки:** для брекчии характерны обломочное, сцементированное строение, остроугольная форма, несортированность и крупные размеры обломков (более 2 мм) разного цвета и состава.

**Применение:** брекчия используется в качестве строительного и облицовочного материала.

## Конгломерат

**Строение:** обломочное. Крупные окатанные несортированные обломки (гальки, гравий) цементированы в сплошную массу. Цементирующие вещества – см. Брекчии.

**Отличительные признаки:** для конгломерата характерны: обломочное, цементированное строение, окатанная форма и крупные размеры обломков (более 2 мм). Различный состав, размер и цвет обломков и одноцветный цемент.

**Применение:** мраморовидные цветные конгломераты используются в качестве декоративного облицовочного материала.

## Песчаник – цементированный песок

**Строение:** обломочное. Цементирующие вещества – см. Брекчии. Грубый на ощупь. Окраска различная. Песчаники бывают кремнистые, известковые, железистые, глинистые, глауконитовые, фосфатные, углистые, медистые и др.

**Отличительные признаки:** для песчаника характерно обломочное, цементированное строение, сортированность. Грубый, шершавый на ощупь, размеры обломков от 1 до 0,1 мм.

**Применение:** прочные разновидности песчаников применяются как строительный материал. Кварцевые песчаники – сырьё для стекольной, абразивной, керамической, металлургической промышленности.

## Глинистые породы

### Глины

Обычные глины белого цвета, содержащие органические вещества – черного и темно-серого цвета, содержащие окислы железа и марганца – желто-бурого, бурого и красного цвета, содержащие глауконит и хлорит – голубовато-зеленого цвета. Глины бывают различного состава.

Глина прилипает к языку, смоченная водой скатывается между пальцами в жгутик. На сухой поверхности жирных глин, при проведении ногтем, остается блестящий след. Глина при обжиге «каменеет».

**Отличительные признаки:** для глин характерно: землистое строение, землистый запах, образование пластичной массы и разбухание при смачивании водой.

**Применение:** глина – строительный, огнеупорный, поделочный материал. Глина – сырьё для изготовления фарфора и фаянса, из глины изготавливают гончарные изделия, керамические художественные изделия. Глина помогает бурить нефтяные скважины, делать железорудные окатыши, повышать качество стального и чугуна литья.

## Органогенные породы

### Известняки

Известняки состоят из кальцита. Строение плотное, большей частью состоят из скелетных остатков (раковин) вымерших морских животных. Цвет различный.

**Отличительные признаки:** известняки имеют плотное строение или обычно состоят из раковин морских животных (ракушечник), обладают небольшой твердостью (не оставляют царапины на стекле), бурно вскипают при воздействии разбавленной соляной кислотой.

**Происхождение:** образуется известняк в морских бассейнах и имеет органогенное или биохимическое происхождение.

**Применение:** строительный материал, в цементном деле, в стекольной, сахарной промышленности, в сельском хозяйстве и т. д. Частный случай известняков – мел, землистого строения и белого цвета.

## Смешанные породы

### Мергели

**Мергель (рухляк)** – глина, содержащая до 50 % известняка. Строение плотное, землистое. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты, остается грязное пятно после реакции. Цвет белый, серый, желтоватый, буроватый, красноватый, зеленоватый, черный, пестрый. Легко выветривается и распадается на мелкие угловатые обломки. Если кусочек породы растворить в соляной кислоте и взболтать, дает много мути и образует осадок глинистого вещества. Имеет запах глины.

**Отличительные признаки:** характерно плотное, землистое строение, реакция с разбавленной соляной кислотой, глинистый запах.

**Происхождение:** отложение мергеля происходит в морях и озерах.

**Применение:** мергель используется в цементной промышленности, в сельском хозяйстве.

### Доломиты

Доломиты состоят из углекислого кальция и углекислого магния ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) – это породы, содержащие не менее 95 % минерала доломита, чистые доломиты встречаются редко; в основном наблюдаются: известковистые доломиты, содержащие более 50 % доломита и доломитовые известняки – менее 50 %.

**Отличительные признаки:** для доломитов характерен шершавый, как бы тонкопесчанистый излом и реакция с разбавленной соляной кислотой. Доломиты вскипают только будучи растертыми в порошок.

**Происхождение:** образуются на дне морей из известкового ила путем постепенного вытеснения и замещения кальция магнием. Иногда доломит выделяется в сильно засоленных водных бассейнах.

**Применение:** доломит используется как строительный материал и как огнеупорный материал в металлургии, а также для изготовления цемента.

### Контрольные вопросы:

1. Как образуются осадочные горные породы?
2. Классификация осадочных горных пород?
3. Какие осадочные горные породы используются в металлургии и для чего?
4. Назовите полезные ископаемые, связанные с осадочными горными породами.

## Тема 17. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

*Метаморфические породы* образовались в глубинных зонах Земли из осадочных и магматических горных пород путем видоизменения их под действием высокого давления, высокой температуры и химического влияния магмы, горячих вод и газов, идущих из магматических очагов.

Для метаморфических пород принято три вида метаморфизма по важнейшим факторам преобразования:

**динамометаморфизм** – температура и давление, без изменения вещественного состава – при тектонических движениях земной коры происходит дробление, истирание горных пород, распространение только в небольшой зоне, примыкающей к разломам. Характерные породы – эруптивные брекчии, катаклазиты, милониты;

**региональный метаморфизм** – давление, температура, изменение пород происходит за счет накопления больших мощностей осадков (до 10 км) и имеет распространение на больших площадях; в нижних горизонтах осадков происходит перекристаллизация и рассланцевание. Характерные породы – сланцы, кристаллические сланцы, гнейсы, мраморы, кварциты;

**контактный метаморфизм** – давление, температура, химизм; происходит изменение вмещающих пород за счет температуры и химизма внедряющихся интрузивных пород, горячих растворов и горячих газовых смесей. Степень изменения горных пород убывает при удалении от контакта интрузии с вмещающими породами. Характерные породы – скарны с большим набором новообразованных минералов, могут быть месторождения железа, меди, золота, редких элементов и другие.

## Породы регионального метаморфизма

В начальной стадии метаморфизма из глин образуются слоистые глины, ниже глинистые сланцы, ниже филлиты с межслоевой кристаллизацией – появление мелкочешуйчатой слюды серицита; далее кристаллические сланцы с большим содержанием слюд и хлорита с присутствием кварца, кальцита, гранатов, полевого шпата и других минералов. Конечным продуктом регионального метаморфизма являются гнейсы, на больших глубинах переходящие в гранулиты – белые гнейсы.

Морские осадки меняются с глубиной по схеме: карбонатные илы – известняки и доломиты – мраморы (происходит перекристаллизация с сохранением карбонатного состава).

Толщи песков превращаются в песчаники, а в нижних слоях образуются кварциты  $SiO_2$ .

## Сланцевато-кристаллические породы

### Гнейс

**Строение:** сланцевато-кристаллическое. Присутствует кварц, полевые шпаты, слюды, иногда роговая обманка. По минералогическому составу и по окраске напоминает гранит, кристаллы минералов ориентированы.

**Отличительные признаки:** для гнейса характерны: сланцевато-кристаллическое строение, содержание полевого шпата, кварца.

**Происхождение:** гнейсы, образовавшиеся из осадочных пород, называются парагнейсами, из магматических пород – ортогнейсами.

**Применение:** гнейсы используются для изготовления щебня, плит, бута.

## Сланцеватые породы

### Слюдяной сланец

**Строение:** сланцевое, сланцевато-кристаллическое. Слюдяной сланец состоит из слюды или из слюды и кварца. Окраска породы белая, бурая, черная, зеленая (присутствие хлорита)

**Отличительные признаки:** для слюдяного сланца характерны сланцеватое, полосчатое строение, содержание слюды.

**Разновидности:** 1. Мусковитовый сланец – слюда представлена бесцветной или белой разностью – мусковитом. 2. Биотитовый сланец – слюда представлена черной разностью – биотитом. 3. Двуслюдяной сланец – слюда представлена и мусковитом, и биотитом.

**Применение:** слюдяной сланец используется в химической, металлургической промышленности, производстве автомобильных стекол, сложнейших энергетических установках и т. д.

## Кристаллические породы

### Мрамор

**Строение:** крупнокристаллическое, среднезернистое, мелкозернистое, тонкозернистое. Состоит из кальцита. Бурно вскипает при действии разбавленной соляной кислотой. Не оставляет царапины на стекле. Поверхности зерен ровные. Мрамор имеет различный цвет. Он поражает неповторимыми рисунками, расцветками. Черный цвет мрамора обусловлен примесью графита, зеленый – хлорита, красный и желтый – окислов и гидроокислов железа.

**Отличительные признаки:** для мрамора характерно зернистое строение, содержание кальцита, небольшая твердость, ровные поверхности зерен, реакция при действии разбавленной соляной кислотой.

**Применение:** мрамор – прекрасный облицовочный, декоративный и скульптурный материал. Применяется в черной металлургии при сооружении мартеновских печей, в стекольной, электротехнической промышленности, а также в качестве строительного материала и как удобрение в сельском хозяйстве.

### Кварцит

**Строение:** мелкозернистое, тонкозернистое. Кварцит – зерна кварца, скрепленные кремнеземом. Состоит из кварца. Цвет различный. Имеет монотонную окраску. Обладает большой твердостью (оставляет царапину на стекле). Крепкий, звонкий. Поверхности зерен неровные. В изломе блестящий.

**Отличительные признаки:** для кварцита характерно зернистое строение, содержание кварца, большая твердость, неровные поверхности зерен (спайность отсутствует), блестящая поверхность в изломе.

**Применение:** среди горных пород кварциту нет равных в долговечности – он не боится огня, горячих щелочей, едких газов, кислот и даже «царской водки». Он идет на изготовление огнеупорного кирпича, используется как облицовочный, декоративный материал и т. д.

### Контрольные вопросы:

1. Как образуются метаморфические горные породы?
2. Классификация метаморфических горных пород?
3. Какие полезные ископаемые связаны с образованием метаморфических горных пород?
4. Применение метаморфических горных пород в народном хозяйстве.

## Тема 18. КАУСТОБИОЛИТЫ

*Каустос* – горючий, *биос* – жизнь, *литос* – камень (греч). По условиям образования разделяются на две группы:

- 1) *каустобиолиты* угольного ряда, приуроченные к процессу осадконакопления (торфы, ископаемые угли, горючие сланцы);
- 2) *каустобиолиты* нефтяного ряда, имеющие миграционную природу (нефти, асфальты, озокериты).

Третьим значимым энергетическим ископаемым является природный газ, чаще всего находящийся в недрах вместе с нефтью.

Угли классифицируются по вещественному составу (гумолиты, сапропелиты, липтобиолиты), а также по генетическому признаку и по степени углефикации.

Нефти классифицируются по условиям образования с учетом физических и химических признаков (содержание битумов и прочее).

### Торф

Состоит из полуразложившихся растительных остатков. Содержит углерод, кислород, азот и примеси минеральных веществ (в сухом торфе С – от 28 до 35 %, О – от 30 до 38 %, Н – 5,5 %).

**Физические свойства:** матовый, мягкий. Цвет бурый, желто-бурый. Легкий, в воде не тонет.

**Отличительные признаки:** торф имеет характерное строение (состоит из измененных растительных остатков), небольшую твердость (мягкий), бурый цвет, легкую возгораемость (загорается от спички) и окрашивает воду в бурый цвет.

**Химические свойства:** торф в сухом состоянии загорается от спички. Воду окрашивает в бурый цвет.

**Происхождение:** торф образуется в результате постепенного накопления и разложения органических остатков растений в болотах в условиях повышенной влажности и слабого доступа воздуха. Этот процесс протекает в стоячей воде при участии анаэробных бактерий.

**Применение:** торф дает тепло, используется в металлургии для получения торфяного кокса. Из торфа получают этиловый спирт, фенолы, воск, органические кислоты и т. д.

## Ископаемые угли

Уголь представляет собой органическое вещество, подвергшееся медленному разложению под действием биологических и геологических процессов. Основа образования угля – растительные остатки. В зависимости от того, какие были преобразования, и от удельного количества углерода различают три типа угля: *бурый уголь*, *каменный уголь* и *антрациты*.

### Антрацит

Содержит в среднем *C* – 95,0 %, *H* – 2,5 %, *O* – 2,5 %, *N* – в небольшом количестве. Углерода всегда более 90 %.

**Физические свойства:** блестящий. Твердость средняя или мягкий. Цвет черный. Черта черная. Рук не пачкает. Спайность отсутствует. Сплошной, плотный. Аморфный, хрупкий.

**Отличительные признаки:** антрацит отличается плотным строением, металловидным блеском, черным цветом, черной чертой и способностью гореть.

**Химические свойства:** антрацит от свечи не загорается. Не окрашивает жидкость в присутствии KOH.

**Происхождение:** ископаемый уголь образуется в результате физико-химических изменений прибрежно-морских и континентальных растений, захороненных в земной коре.

**Применение ископаемых углей:** ископаемые угли применяются как горючее полезное ископаемое, используемое в металлургической промышленности при плавке руд.

### Горючие сланцы

Горючими сланцами называют осадочные породы, тонкоплитчатые или мергели со значительным до 50–60 % содержанием битуминозных веществ.

**Физические свойства:** цвет черный, иногда желтый и оливковый.

**Отличительные признаки:** для горючего сланца характерно сланцеватое строение, обладают способностью гореть.

**Происхождение:** горючие сланцы образовались на дне морей благодаря одновременному отложению органического и неорганического ила около 450 млн лет тому назад.

**Применение ископаемых углей:** горючие сланцы – топливо и технологическое сырье, получают масла и смолы.

## Нефть

Нефть – горючая маслянистая жидкость от светло-коричневого до темно-бурого (почти черного) цвета со специфическим запахом. Состоит она в основном из жидких углеводородов, которые образованы только углеродом и водородом ( $C$  – от 79 до 88 %,  $H$  – от 11 до 14 %). Кроме жидких углеводородов нефть в небольших количествах (до 5 %) содержит серу, кислород и азот. По плотности выделяют лёгкую, среднюю тяжёлую разновидности нефти.

**Применение:** нефть применяется не только для выработки топлив и масел, но и как источник ценного сырья для производства синтетических каучуков и волокон, пластмасс, моющих средств, красителей и др.

## Газ

Основу горючих газов составляет смесь газообразных углеводородов – метана, этана, пропана, бутана и пентана.

Доля углерода  $C$  в горючих газах составляет 42–78 %, водорода  $H$  14–24 %, содержание азота  $N$  в примесях обычно не более 11 %, но иногда достигает 30–50 % и более. Присутствуют углекислый газ  $CO_2$  (от 2–4 % до 10–15 %), водяные пары. В горючих газах содержатся также гелий  $He$ , аргон  $Ar$ , водород  $H$ , ртуть  $Hg$ .

При отсутствии сероводорода природный газ не имеет цвета и запаха.

Горючие газы состоят в основном из метана (85–99,5 %). При низких температурах и обычном атмосферном давлении из них выпадает жидкая фаза – конденсат (бесцветная или светло-коричневая жидкость).

Природные горючие газы используются не только как высококалорийное топливо (38–40 МДж/кг), но и в химической промышленности для производства каучука и полиэтилена.

**Применение:** природный газ широко применяется в качестве горючего в жилых, частных и многоквартирных домах для отопления, подогрева воды и приготовления пищи; как топливо для машин, котельных, ТЭЦ, различной техники и др. Сейчас он используется в химической промышленности, как исходное сырьё для получения различных органических веществ, например, пластмасс.

## Контрольные вопросы:

1. Что является основой каустобиолитов?
2. Какое значение они имеют в экономике?
3. Какие качества желательны в любом виде топлива?
4. Какие продукты получают из нефти и газа?
5. Назовите перспективные месторождения нефти и газа Кыргызстана и России.
6. В чем отличие каменного угля, бурого и антрацита?

# ЧАСТЬ IV • ТЕКТОНИКА

**Тектоника** – (греч. «*тектонос*» – созидательный) – наука, изучающая движения и деформации земной коры, называемые эндогенными процессами. Она изучает также геологические структуры земной коры, возникающие в результате тектонических движений и деформации, в частности, неровности рельефа Земли.

## Тема 19. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДИСЛОКАЦИИ

История развития и формирования поверхности Земли насчитывает миллиарды лет, и не было периода абсолютного покоя – континенты перемещаются, внутри них множество глубинных долгоживущих разломов, при каждой активизации магмы приходят в движение, сопряженные блоки земной коры, подвергаясь новым нарушениям, деформируют горные породы целых регионов.

Земная поверхность регулярно колеблется под влиянием многих факторов – лунно-солнечных приливов, поднятия региональных структур при периодической активизации магмы или опускания при накоплении огромных толщ осадочных пород или льда (при оледенении), вулканизме, сейсмической активности.

При этом движения блоков земной коры могут быть вертикальными, горизонтальными, комбинированными с нарушением целостности пород или без нарушения (пластичные, упругие и хрупкие деформации).

Тектонические движения вызывают тектонические нарушения в залегании горных пород. Тектонические нарушения бывают двух типов – *складчатые* или *пликативные* и *разрывные* или *дизъюнктивные*

О проявлениях в прошлом Земли тектонических движений можно судить по характеру (типу) залегания горных пород. В природе существуют два основных типа залегания горных пород:

Первичное, ненарушенное, горизонтальное.

Вторичное, возникающее в результате изменения первичных форм залегания горных пород под воздействием различных геологических факторов (процессов).

**Пликативная тектоника** изучает и классифицирует образование складок, чаще всего при горизонтальных движениях земных блоков без нарушения целостности слоёв. Причины деформации могут быть самыми разными – сила тяжести, влияние температуры на увеличение объема, разбухание пород при водонасыщении и просто механические усилия в определенном направлении и под разными углами к толще пород.

**Складки** – это волнообразные изгибы пластов горных пород различных форм и масштабов. Среди разнообразных складок выделяются следующие три разновидности (формы) (рисунок 5):

Антиклинали – выпуклые складки.

Синклинали – вогнутые складки.

Моноклинали – пласты горных пород, наклоненные к линии горизонта в одну сторону.

**Элементы складки.** Принято выделять следующие элементы складки:

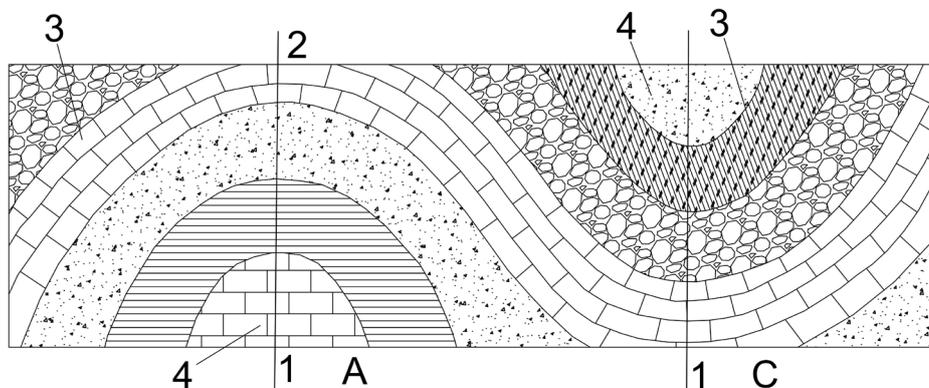
Крылья – боковые части складки.

Шарнир (замок) – место перегиба складки или смыкания крыльев.

Ядро складки – внутренняя часть складки, заключенная между крыльями и шарниром.

Осевая поверхность (или плоскость) – поверхность, разделяющая складку на две симметричные половины.

Осевая линия – линия, образованная пересечением осевой поверхности с плоскостью пласта.

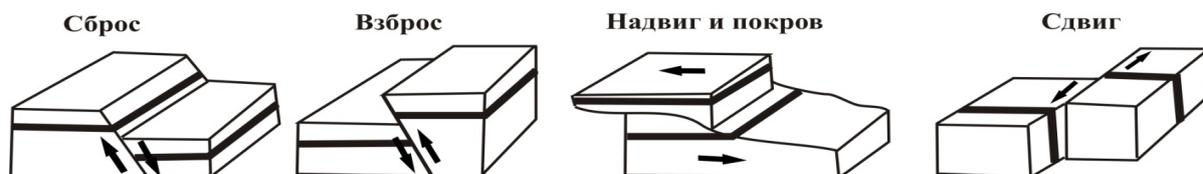


*Рисунок 5 – Складчатые дислокации и элементы складки. Антиклиналь (А) и синклинали (С): 1 – оси складки, 2 – вершина складки, 3 – крыло складки, 4 – ядро складки*

В ядре антиклинали залегают более древние породы, в ядре синклинали отлагаются более молодые осадки.

**Дизъюнктивная тектоника** – это процесс, при котором во время землетрясения волна напряжений превышает прочность горных пород, происходит нарушение непрерывности, сплошности горных пород.

Разрывы могут быть вертикальными, наклонными, горизонтальными, комбинированными (рисунок 6).



*Рисунок 6 – Наиболее распространенные типы разрывы в земной коре. Их разнообразие зависит от положения поверхности разрыва по отношению к поднятым и опущенным блокам*

В любом разрыве всегда присутствуют поверхность или плоскость разрыва и крылья разрыва – блоки горных пород по разные стороны от разлома.

С точки зрения образования полезных ископаемых наиболее интересны надвиги (покровы, шарьяжи), когда сместитель горизонтальный или слабо наклонный, происходит «волочение», перекатывание верхнего слоя по нижнему на многие сотни км.

Под покровами и надвигами могут залегать ценные полезные ископаемые, особенно нефть и газ.

**Разрывные нарушения** – изменения в залегании горных пород, вызывающие разрыв сплошности геологических тел (пластов, даек, штоков и др.), часто сопровождаемые перемещением разорванных частей геологического тела друг относительно друга. Различают *грабены, рифты, горсты, разломы, сдвиги, надвиги*.

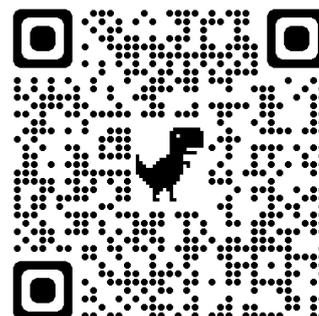
**Горст** – приподнятый участок земной коры, ограниченный сбросами. По мнению С.С. Щульца (1948), все горные хребты Тянь-Шаня (Кунгей Ала-Тоо; Терской Ала-Тоо и др.) представляют собой горсты, выраженные в рельефе местности.

**Грабен** – опущенный участок земной коры, ограниченный сбросами. На поверхности земли крупные грабены морфологически выражены в виде вытянутых впадин, занятых озерами (Байкал, Иссык-Куль) или разработанных реками (Рейнский грабен).

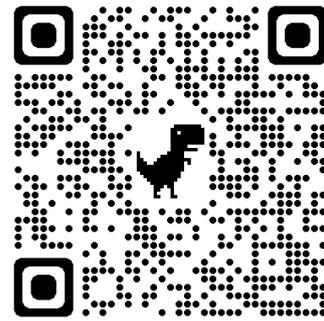
**Рифт** – грабен, ограниченный нормальными сбросами. Например, узкая впадина Красного моря – великий рифт Африки, Иссык-Кульская и Байкальская рифтогенные впадины.

### Контрольные вопросы:

1. Какие деформации происходят при тектонических движениях?
2. Какие структуры на поверхности Земли контролируют складки?
3. Какие формы рельефа возникают при разрывных нарушениях со смещением?



4. Какие полезные ископаемые можно ожидать в тектонических структурах
5. Что такое антиклиналь?
6. Что такое синклиналь?
7. Что такое моноклиналь?
8. Что такое грабен, горст и рифт?
9. Перечислите типы разрывов, встречающиеся в земной коре?



## Тема 20. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Одним из основных документов геологической документации является *геологическая карта*.

**Геологическая карта.** Физическая карта отражает строение рельефа континентов земного шара, по ней можно видеть, где находится водная оболочка поверхности Земли, ее границы и очертания, где находятся горные системы и понижения в рельефе.

**Геологическая карта** – это уменьшенная в определенном масштабе вертикальная проекция выходов разных горных пород на земную поверхность в условных обозначениях (в красках или штрихах). Геологическая карта является основным графическим материалом, отображающим геологическое строение местности. Для ее построения необходимо иметь топографическую карту, на которую наносятся пункты наблюдения естественных и искусственных обнажений горных пород.

В зависимости от масштаба геологические карты подразделяются на:

- Мелкомасштабные: 1:500000 и мельче (геологическая карта СССР масштаба 1:2500000).
- Среднемасштабные: 1:200000 и 1:100000 (1:200000 составленная в местах международной разграфки, покрывает всю территорию бывшего СССР).
- Крупномасштабные: 1:50000 и 1:25000. Такие карты отражают строение горнопромышленных областей и районов.

Масштаб 1:25000 и крупнее – это детальные геологические карты месторождений полезных ископаемых, а также для строительства.

По топографической основе определяют тип рельефа местности:

- а) высокогорный (абсолютная высота более 2000 м);
- б) среднегорный (от 700 до 2000 м);
- в) низкогорный (до 700 м);
- г) равнинный (до 200 м).

**Условные обозначения на геологических картах.** Для указания состава, времени формирования и условий залегания горных пород на геологических картах применяются особые условные знаки, которые могут быть цветовыми, буквенными, цифровыми или штриховыми.

В цвете можно показать возраст осадочных и вулканических пород, а также состав интрузивных и новейших (неогеновых и четвертичных) пород. Внутри системы более древние породы окрашиваются более интенсивно, чем более молодые (верхние).

Буквенные и цифровые обозначения (индексы) обозначают возраст, а для интрузий и вулканитов и их состав. Например,  $C_1t$  – **турнейский ярус нижнего отдела каменноугольной системы**.

Дробные (местные) подразделения – ярусы и свиты, обозначаются первой и ближайшей согласной буквой названия – **кизильская свита** –  $kz$ . Например, индекс **кизильской свиты нижнего карбона визейского яруса** будет:  $C_1vkz$ .

Генезис осадочных горных пород тоже индексируется:  $m$  – морские,  $g$  – ледниковые,  $q$  – флювиогляциальные,  $a$  – аллювиальные и т. д., ставятся перед обозначением системы.

Для указания возраста магматических пород рядом с индексом состава ставится возрастная индекс, например,  $\gamma C_3$  – **позднекаменноугольные граниты**. Новейшие вулканические породы, не перекрытые более поздними отложениями, например,  $\beta N_2$  – **базальты позднеогенового возраста**.

Штриховые обозначения применяются обычно на геологических картах, разрезах и стратиграфических колонках, выполненных каким-либо одним цветом, например, черным.

**Стратиграфическая колонка** – это сводный разрез определенного участка, который показывает возрастную последовательность образования отложений, их мощность и литолого-петрографический состав.

Средне-, крупномасштабные и детальные геологические карты обычно сопровождаются стратиграфической колонкой и разрезом. На стратиграфической колонке в возрастной последовательности снизу-вверх от древних к молодой условной штриховке изображаются дочетвертичные осадочные, вулканические и метаморфические породы, развитые на территории, представленной на карте (интрузии не показываются).

На колонке отражается стратиграфическое положение пород (система, отдел, ярус – слева), индекс. Справа – мощность и состав пород; при необходимости справа приводятся серии, свиты, окаменелости. Масштаб может быть любой, высота не должна превышать 40–50 см, ширина граф 1–4 см. Согласные границы на колонке изображаются прямыми линиями, параллельные несогласия – волнистыми, угловые – зубчатыми.

**Геологический разрез** – это вертикальное сечение местности с изображением мощности, возраста, состава условий залегания горных пород. Разрезы строятся по геологическим картам в отдельных направлениях с целью выявления полного геологического строения исследуемого района. При наличии скважин разрезы следует проводить через них. Концы разреза обозначаются русскими буквами (А-Б) или римскими цифрами (I-I).

Геологическая карта месторождения  
Юбилейное

Масштаб 1:50 000

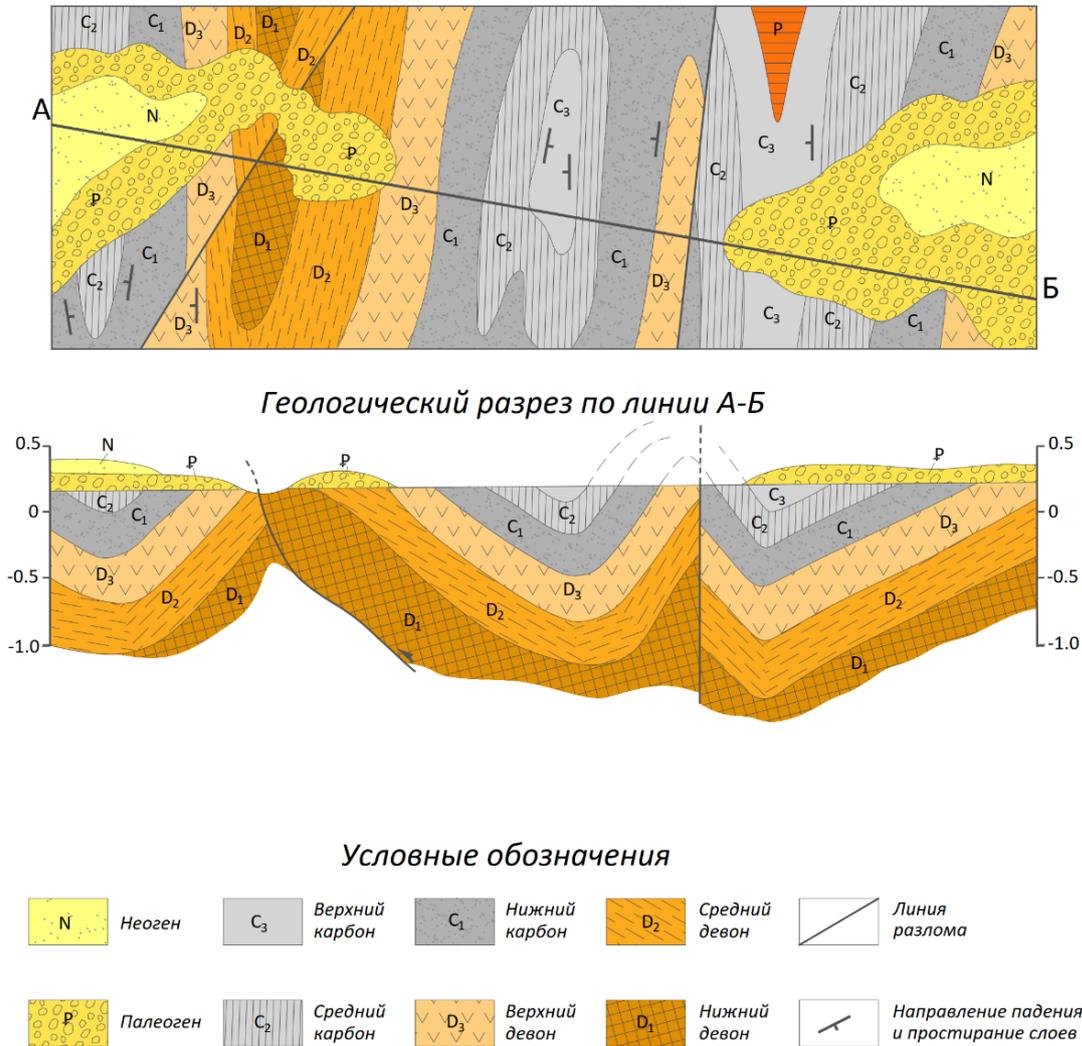


Рисунок 7 – Геологическая карта и геологический разрез

Горизонтальный и вертикальный масштабы разреза должны соответствовать масштабу карты, при пологом или горизонтальном залегании пород допустимо увеличить вертикальный масштаб. На разрезе должны быть указаны: азимут направления, линия рельефа, линия уровня моря и шкала вертикального масштаба с делением через 1 см. Раскраска, индексация, составление разреза выполняются в полном соответствии с геологической картой на глубину, обусловленную теми данными, которые имеются. Условные обозначения составляются в следующей последовательности: вначале (от молодых к древним) указываются осадочные, вулканогенные и метаморфические породы, затем в той же последовательности интрузивные

и жильные образования, ниже – прочие условные обозначения (геологические границы, элементы залегания слоев, тектонических нарушений и т. д.).

Наиболее значимыми являются при построении геологических разрезов типы тектонических нарушений, поэтому необходимо выделить участки горизонтального залегания, моноклиналичного, складчатых структур, выходы магматических горных пород и разрывные нарушения (на рисунке 7 приведен пример Геологической карты и геологического разреза).

### Контрольные вопросы:

1. Что отражает геологическая карта?
2. Что отображает геологический разрез?
3. Какая информация отражена на стратиграфической колонке и вертикальном разрезе?
4. Какие данные на карте необходимы для построения геологического разреза?
5. Какого масштаба бывают геологические карты?
6. Что такое геологический разрез?
7. Что такое стратиграфическая колонка?

## Тема 21. ГОРНЫЙ КОМПАС

**Горный компас** – прибор для определения элементов залегания пластов горных пород: направлений *простираня* и *падения*, величины *угла падения*.

Горный компас кроме приспособления для измерения вертикальных углов (отвес), отличается от обычного наличием уровня и тем, что его лимб градуирован не по часовой стрелке, а против, т. е. *Восток* на лимбе горного компаса расположен слева, а *Запад* – справа. Это связано с принципиально иным методом определения азимутов по сравнению с обычным компасом (рисунок 8).

Измерение азимута проводится следующим образом:

- а) резарретируют магнитную стрелку (открепляют стопор);
- б) длинную сторону компаса северной частью лимба направляют на визируемый предмет;
- в) против северного конца стрелки берут отсчет азимута с точностью до 2,5 градусов. Так получают прямой азимут – от наблюдателя на предмет. Чтобы получить обратный азимут – от предмета на наблюдателя – надо от 360° вычесть полученную величину или взять отсчет по южному концу стрелки.

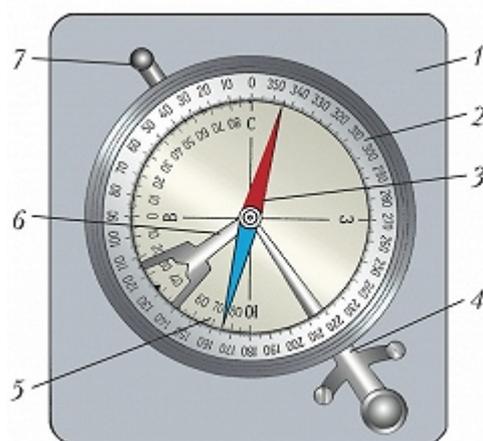
Для получения истинного азимута необходимо учесть магнитное склонение. В большинстве современных моделей горных компасов имеется специальное устройство для введения поправки путем поворота лимба на величину магнитного склонения по часовой стрелке при восточном склонении или против часовой стрелки при западном. Тогда можно сразу получать отсчет, соответствующий истинному азимуту.

Чтобы избежать возможных ошибок при записи, кроме цифры азимута обычно указывают начальными буквами и сторону света, а значок градуса не ставят (например, Аз. СВ 30).

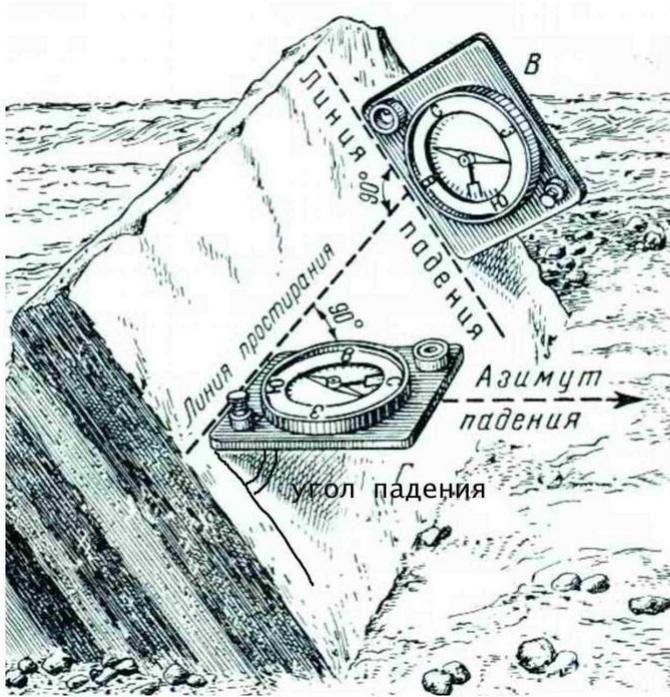
Положение пластов горных пород в пространстве характеризуют с помощью элементов залегания: линии простирания, линии падения и угла падения (рисунок 9). При полевых наблюдениях горным компасом измеряют азимуты этих линий и величины углов падения слоев.

**Линия простирания** – горизонтальная линия, проведенная в плоскости пласта. На любой наклонной поверхности это будет множество параллельных линий, азимут которых определяют, прикладывая компас длинной стороной в горизонтальном положении к пласту. Взяв отсчет по северному концу стрелки, получают азимут линии простирания, который записывают в полевой дневник, указывая и сторону света: аз. пр. СЗ 285 (значок ° не ставится). Если возьмем отсчет по южному концу стрелки, ошибки не будет: простирание – это линия, протягивающаяся в обе стороны.

**Линия падения** – линия, расположенная в плоскости пласта, имеющая наибольший угол наклона к горизонту из всех, которые можно провести на поверхности пласта. Она всегда перпендикулярна к линии простирания и направлена в сторону погружения пласта. При определении азимута падения горный компас прикладывают короткой стороной к пласту таким образом, чтобы северный конец компаса (знак С на лимбе) был направлен в сторону падения, а цилиндрический уровень на компасе показывал горизонтальное положение компаса. Отсчет берется по северному концу стрелки. Можно приложить компас и противоположной стороной, направив южный торец компаса по падению. Но и отсчет тогда необходимо брать по южному концу стрелки.



*Рисунок 8 – Горный компас:  
1 – пластинка (основание компаса); 2 – коробка компаса с лимбом; 3 – магнитная стрелка; 4 – тормозное приспособление магнитной стрелки; 5 – шкала клинометр*



Обозначения элементов залеганий на карте

+ горизонтальное

↘<sub>40°</sub> наклонное

⊥ вертикальное

↙<sub>20°</sub> опрокинутое

Рисунок 9 – Горный компас и элементы залегания пород

**Угол падения** – угол между линией падения и проекцией ее на горизонтальную поверхность определяют с помощью отвеса горного компаса, прикладывая компас к пласту или методом визирования: отойдя от обнажения как минимум на несколько шагов, держа компас на вытянутой руке так, чтобы его край совпадал с замеряемой поверхностью слоя.

Азимут и угол падения записывают на левой стороне полевого дневника – аз. пад. СВ 15>25 (это значит, что азимут линии падения северо-восток 15 градусов, а угол падения 25 градусов). Поскольку азимут простирания отличается от азимута падения на 90 градусов, то для наклонных пластов обычно определяют только азимут падения, а для пластов, залегающих вертикально можно измерить только азимут простирания.

### Контрольные вопросы:

1. Что такое азимут падения?
2. Что такое азимут простирания?
3. Чем отличается геологический компас от обычного?
4. Как измерить азимуты простирания и падения?
5. Какая разница в градусах между азимутом падения и азимутом простирания?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие «Геология», включает ряд научных дисциплин: геология, геология нефти и газа, минералогия, кристаллография, петрография, тектоника, минеральные ресурсы. В пособии мы рассмотрели важнейшие геологические процессы, тектонику, геохронологию, изучили около 80 наиболее распространенных рудообразующих, породообразующих минералов и горных пород.

Для будущих – горных инженеров познание минералов и горных пород представляет собой азбуку для изучения геологии, полезных ископаемых и многих других специальных дисциплин. Отсюда следует, что хорошее усвоение фундаментального материала курса геологии обеспечит в дальнейшем успех поисков, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Квалифицированный горный инженер обязан ориентироваться в мире минералов и горных пород, чтобы наиболее разумно осваивать месторождения полезных ископаемых.

В курсе «Геология» рассмотрены основные вопросы, формирующие наше представление о современной геологии. В этой работе перечислены только самые важные аспекты, которые необходимы не только для горного инженера по разработке твердых полезных ископаемых, но и для специалистов нефтегазового производства. Например, для нахождения и извлечения углеводородов требуется глубокое понимание геологических процессов, протекавших во времени. Без знаний геологии невозможно представить подготовку высококвалифицированных специалистов в области проектирования и разработки месторождений полезных ископаемых, строительства дорог в горных условиях, создания плотин и дамб методом направленного взрыва, а также развития научных исследований в данной области.

В геологии происходит коренной пересмотр основных идей, рождаются новые направления науки, уточнены представления о глубинном строении Земли, фазовых переходах вещества на различных уровнях, глубже изучены физические свойства планеты, установлен дрейф магнитных полюсов и смена полярности магнитного поля во времени, выявлены величины теплового потока на материках и океанах. В последнее десятилетие космология внесла свои коррективы. Значительное развитие получили геофизические и геохимические методы.

Геология широко использует достижения и методы ряда естественных наук – математики, физики, химии, биологии, географии, что привело к качественному сдвигу в науках о Земле. Вместе с тем, существуют геологические проблемы, ожидающие дальнейшей их разработки. Решение подобных

проблем позволит создать единую современную теорию Земли: ее происхождение, историю развития, строение и состав.

Учебное пособие представляет собой очень краткое и сжатое изложение науки о Земле – геологии и мы рассмотрели только её малую часть. Каждую страницу, каждый раздел можно развернуть в целую книгу и не одну. Чем глубже проникаешь мыслью своей в этот безумно сложный и замечательно гармоничный земной мир, тем яснее понимаешь, насколько он непонятен и загадочен. Любой минерал, кристалл — это не просто каменное воплощение определенной геометрической фигуры, а это сгусток информации о природной обстановке, в которой он зародился и вырос, об особенностях его развития и жизни.

Каменные странички Земли хранят в себе еще много тайн и загадок...!

# ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ ТЕСТОВ

*Выберите правильный вариант ответа*

## Тесты (вариант 1)

Написать номер правильного ответа или обвести кружком

### 1. Что такое абразия?

- 1) воздействие ветра, песка и течений на окружающие породы;
- 2) процесс механического разрушения ветром, песком, волнами и течениями коренных горных пород;
- 3) продукты выветривания на поверхности горных пород;
- 4) накопление обломочного материала путем воздействия различных агентов.

### 2. Что такое ассоциация парагенетическая минералов?

- 1) набор минералов в определенном геологическом образовании;
- 2) закономерное сообщество минералов, образовавшихся в одну стадию минерализации;
- 3) присутствие минералов различного химического состава в одной породе;
- 4) сообщество породообразующих и акцессорных (привнесенных) минералов, как показатель физико-химических процессов, протекающих в разные стадии минералообразования.

### 3. Выветривание – это:

- 1) воздействие воздушных масс на породы на поверхности земли;
- 2) изменение внешнего вида поверхностных пород силами ветра и воды;
- 3) процесс разрушения и изменения минералов и горных пород на поверхности земли под воздействием физических, химических и органических агентов (факторов);
- 4) выдувание рыхлых масс на поверхности земли.

### 4. Залежь рудная – это:

- 1) рудная минерализация внутри вмещающих безрудных пород;
- 2) выделения рудных минералов в земной коре в количествах, экономически выгодных для разработки;
- 3) обогащение безрудных горных пород рудными минералами в результате магматической деятельности;

- 4) скопление полезного ископаемого в земной коре, отчетливо отграниченное от окружающей горной породы.
- 5. Карст – что это такое?**
  - 1) пустоты в растворимых горных породах;
  - 2) повышенная проницаемость горных пород для воды – сильная трещиноватость и кавернозность;
  - 3) нарушение целостности горных пород на поверхности воздействием поверхностных и подземных вод;
  - 4) растворение горных пород (чаще гипсовых и карбонатных) водой и образование в них пустот разного размера и формы.
- 6. Колонка стратиграфическая – это:**
  - 1) графическое изображение горных пород, слагающих определенный геологический объект;
  - 2) рисунок в условных знаках напластований осадочных горных пород отдельного участка на геологической карте;
  - 3) чертеж, специальными условными знаками в принятом масштабе изображающий последовательность напластований осадочных горных пород и характер контактов между ними;
  - 4) информация о горных породах, слагающих определенный участок на геологической карте или геологическом разрезе.
- 7. Что такое магма?**
  - 1) жидкий расплав внутри Земли;
  - 2) расплавленная огненно-жидкая масса (чаще силикатная) под земной корой и дающая при остывании магматические горные породы;
  - 3) земное вещество в пластичном высокотемпературном состоянии между земной корой и ядром;
  - 4) расплавленные породы различного химического состава на больших глубинах от поверхности Земли.
- 8. Месторождение полезного ископаемого (м.п.и.) – это:**
  - 1) выделение рудного минерала, доступное для разработки;
  - 2) природное скопление полезного ископаемого, которое в количественном и качественном отношении может быть объектом промышленной разработки;
  - 3) рудная минерализация в объемах, выгодных для разработки;
  - 4) рудный минерал или комплекс рудных минералов, целесообразность разработки которых диктуется размерами залежи.
- 9. Что такое метаморфизм?**
  - 1) процесс изменения внешнего облика и состава пород под воздействием факторов метаморфизма – температуры, давления и горячих растворов;

- 2) разнообразные эндогенные процессы, с которыми связаны те или иные изменения в структуре, минеральном и химическом составе горных пород;
- 3) перекристаллизация исходных осадочных пород вследствие накопления больших толщ;
- 4) образование новых минералов при высокотемпературном контакте пород разного состава.

**10. Обогащение полезных ископаемых – это:**

- 1) технологические приемы, которые позволяют выделить из руды непродуктивные компоненты;
- 2) концентрация рудных минералов из исходной руды, содержащей «пустые» примеси;
- 3) обработка руды с целью ее облагораживания, повышения содержания полезного компонента, выделения его в возможно более чистом виде, удаление вредных примесей;
- 4) очистка руды от примесей, вредных при металлургических процессах.

**11. Что такое оползень?**

- 1) масса рыхлого материала – продуктов разрушения горных склонов к подножию склона;
- 2) отрыв земляных масс и слоистых горных пород и перемещение их по склону под влиянием силы тяжести, чаще всего после насыщения водой;
- 3) размывание рыхлых наносов с перемещением больших масс на большое расстояние;
- 4) обрушение рыхлых отложений под влиянием гравитации.

**12. Что такое горные породы?**

- 1) объекты «неживой» природы на поверхности земли;
- 2) естественные минеральные агрегаты определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных тел, по происхождению делятся на магматические, осадочные, метаморфические;
- 3) остывшие вулканические и сцементированные обломочные продукты геологических процессов;
- 4) элементы твердой земной коры.

**13. Что такое геологический разрез?**

- 1) графическое изображение на вертикальной плоскости условий залегания горных пород, соотношения их мощностей, характера складчатых и разрывных нарушений;
- 2) построение геологической обстановки с поверхности на определенную глубину в вертикальной проекции;

- 3) корреляция данных по результатам бурения или других разведочных выработок с построением геологических контактов на глубину;
- 4) вертикальная проекция геологических данных на определенном участке земной коры (на карте).

**14. Понятие о структуре:**

- 1) облик породы, в которой можно визуально наблюдать кристаллы минералов, и их взаимоотношения;
- 2) форма и облик твердого тела, которую оно приобрело в результате каких-то геологических процессов;
- 3) совокупность структурных форм, какого либо участка земной коры, как следствие пликативной и дизъюнктивной тектоники;
- 4) облик геологического объекта (породы, элемента рельефа), отражающий геологические процессы.

**15. Углеводороды – это:**

- 1) горючие полезные ископаемые;
- 2) органическая составляющая земной коры, в процессе геологической истории приобретающая химический состав из углерода и водорода;
- 3) сложные органические вещества, состоящие из углерода и водорода и принадлежащие к миру минералов;
- 4) органические соединения, состоящие только из углерода и водорода – газообразные, жидкие и твердые (парафин, нафталин).

**16. Фумаролы – это:**

- 1) горячие фонтаны на поверхности земли;
- 2) извержение сильно минерализованной воды, часто горячей из недр Земли;
- 3) выходы горячего вулканического газа и пара в виде струй из трещин или каналов на поверхности вулкана;
- 4) изливание термальных вод из каналов на конусе вулкана или из трещин вулканического поля.

**17. Шельф – это:**

- 1) область, затопленная морем, находящаяся на периферии континента, обширная материковая отмель шириной от 0 до 1500 км;
- 2) продолжение пляжа в сторону моря, намыв песчаного материала, содержащий некоторые месторождения – нефти, фосфоритов;
- 3) относительно мелководная зона по берегам моря;
- 4) продукты абразии береговых пород, сносимые в море и накапливающиеся в больших количествах.

**18. Для определения твердости принята следующая шкала Мооса:**

- 1) тальк, гипс, флюорит, кальцит, апатит, полевой шпат, кварц, топаз, корунд, алмаз;

- 2) тальк, гипс, кальцит, флюорит, апатит, полевой шпат, кварц, топаз, корунд, алмаз;
- 3) тальк, гипс, кальцит, апатит, флюорит, полевой шпат, кварц, корунд, топаз, алмаз;
- 4) тальк, гипс, кальцит, апатит, флюорит, полевой шпат, корунд, кварц, топаз, алмаз.

## Тесты (вариант 2)

Написать номер правильного ответа или обвести кружком

- 1. Для чего служит горный компас?**
  - 1) для определения линии простирания;
  - 2) для определения угла падения;
  - 3) для определения линии простирания, падения и угла падения пласта.
- 2. Что называется минералом?**
  - 1) физико-химические соединения, образовавшиеся в Земле;
  - 2) это породы, которые образованы в результате разнообразных физико-химических реакций на земле и под землей;
  - 3) природные соединения, образовавшиеся в результате разнообразных физико-химических процессов в земной коре и на поверхности.
- 3. Какие химические элементы наиболее распространены в земной коре?**
  - 1) кислород, кремний, алюминий, кальций, марганец, цинк, никель, кобальт;
  - 2) кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний;
  - 3) кислород, кремний, алюминий, калий, гафний, литий, свинец, бор, цинк, уран.
- 4. Внутреннее строение Земли**
  - 1) ядро, земная кора, мантия, центр ядра;
  - 2) земная кора, ядро (внутреннее и внешнее), мантия;
  - 3) ядро земли, нижняя мантия, верхняя мантия, поверхность Мохоровичича, земная кора.
- 5. Какие процессы минералообразования происходят в приповерхностных условиях?**
  - 1) метаморфический и магматический процесс минералообразования;
  - 2) грейзеновый и пегматитовый;
  - 3) осадочный процесс минералообразования.

- 6. Сколько и какую площадь занимают ледники на территории Кыргызстана?**
  - 1) 7108 на 7604 кв. км;
  - 2) 8208 на 8100 кв. км;
  - 3) 9500 на 9400 кв. км.
- 7. Как называется мощный поток, формирующийся в руслах горных рек, характеризующийся резким подъемом уровня воды и высоким (от 10–15 до 75 %) содержанием твердого материала (продуктов разрушения горных пород)?**
  - 1) сель;
  - 2) тайфун;
  - 3) наводнение.
- 8. Скользящее смещение земляных масс под действием своего веса – это:**
  - 1) оползень;
  - 2) обвал;
  - 3) снежная лавина.
- 9. Какие опасные природные процессы относятся к экзогенным?**
  - 1) смерч, тайфун, цунами;
  - 2) землетрясение, извержение вулкана;
  - 3) тектонические движения земной коры, гейзеры, фонтаны.
- 10. Что называется минералом?**
  - 1) физико-химическое соединение, образовавшееся на поверхности земли;
  - 2) это породы, которые образованы в результате разнообразных физико-химических реакций на поверхности земли и на глубине;
  - 3) природные соединения, образовавшиеся в результате разнообразных физико-химических процессов в земной коре и на поверхности.

## ПЕРЕЧЕНЬ И ТЕМАТИКА ПИСЬМЕННЫХ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Самостоятельные письменные работы студенты выполняют в виде рефератов:

1. «Предсказание землетрясений».
2. «Внутреннее строение Земли».
3. «Грязевые вулканы».
4. «Роль подземных вод в формировании месторождений полезных ископаемых».
5. «Река, разбудившая горы!»
6. «Происхождение россыпных месторождений».
7. «Руды океана».
8. «Ледники, лавины, снежники».
9. «Осадкообразование в океанах».
10. «Вулканы».
11. «Тайны океана».
12. «Внимание! Землетрясение!»
13. «Возраст Земли и геологическое летоисчисление».
14. «Пустыня».
15. «Метеориты».
16. «Селевые явления».
17. «Образование гор».
18. «Земля и жизнь».
19. «Нефть вчера и сегодня».
20. «Минеральные воды».
21. «Вселенная, жизнь, разум».
22. «Работа ветра».
23. «Работа подземных вод».
24. «Работа рек и ручьев».
25. «Цунами».
26. «Торф, его происхождение».
27. «Основные закономерности оползневых процессов».
28. «Человек и литосфера».
29. «Современные движения подземной коры».
30. «Вечная мерзлота».
31. «Строение и развитие Земли».
32. «Происхождение Земли и планет».
33. «Геохронология».
34. «Катастрофы в истории Земли».

35. «Подземные воды».
36. «Ледники и их работа».
37. «Метаморфизм».
38. «Геологическая работа моря».
39. «Минеральные богатства морей и океанов».
40. «Дрейф материков».
41. «Рифтогенез в истории Земли».
42. «Образование нефти».
43. «Образование каменных углей».
44. «Образование россыпных месторождений».
45. «Твердые и горючие ископаемые».
46. «Магматические породы».
47. «Осадочные породы».
48. «Тайны земных катастроф»
49. «Возникновение жизни на Земле»
50. «Происхождение материков и океанов».
51. «История жизни».
52. «Происхождение и развитие животного мира на Земле».
53. «Великие оледенения Земли».
54. «Путешествие в прошлое Земли».
55. «Геологическое время».
56. «Космическая геология».
57. «Нефть в Киргизии».
58. «Минерал будущего».
59. «Мир кристаллов».
60. «Минерал жизни».
61. «Земля и космос».
62. «Магматизм».
63. «Углерод и живое вещество в земной коре».
64. «Природные геологические катастрофы».
65. «Земля – это огромный магнит».
66. «Море – разрушитель и созидатель».
67. «Современные движения земной коры».
68. «Земля – планета Океан».
69. «Образование Луны и Солнца».
70. «Геология – наука о вечно меняющейся Земле».
71. «Самое необыкновенное вещество в мире».
72. «Закономерности в развитии земной коры и жизни на Земле».
73. «Геологическое прошлое Земли».
74. «Геологические термометры».
75. «Стихийные бедствия на территории Киргизии».
76. «В лабиринтах небесных гор».

77. «Одинокая Земля».
78. «Земля – планета Солнечной системы».
79. «Тайны земных глубин».
80. «Беспокойная литосфера».
81. «Голубые покровы планеты».
82. «Обитель жизни и разума».
83. «Рождение земли».
84. «Горючие полезные ископаемые».
85. «Нефть».
86. «Земной магнетизм и его природа».
87. «Образование минералов».
88. «Эволюция Земли и жизни».
89. «Эволюция планет земной группы и факторы формирования природных условий. Венера».
90. «Рельеф и геологическое строение Марса».
91. «Происхождение нефтяных и газовых месторождений».
92. «Загадки оледенений».
93. «Четвертичные оледенения Земли».
94. «Тектонические движения и деформации».
95. «Вулканы и вулканизм».
96. «Кольцевые структуры Земли».
97. «Нефтегазоносные бассейны Мирового океана».
98. «Нефть, газ и основные продукты их переработки».
99. «Нефтяная промышленность и ее воздействие на окружающую среду».
100. «Теория происхождения нефти».
101. «Происхождение и состав нефти».
102. «Попутный и природный нефтяные газы».

Реферат может быть написан вручную или набран на компьютере шрифтом Times New Roman 14. Объем – не менее 15 страниц. Титульный лист оформляется по образцу.

### Примерное содержание работы:

*Тема реферата:*

1. Содержание.
2. Введение (цели, задачи): 1–2 стр.
3. Специальная глава: 10–12 стр.
4. Заключение: 1–2 стр.
5. Список использованной литературы.

## СЛОВАРЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

**Абиссаль** (*абиссос* – бездна), абиссальная область – глубины объекта. Абиссаль условия рудоотложений – соответствует глубине от 3–5 до 10–15 км от земной поверхности.

**Абразия** – процесс механического разрушения волнами и течениями коренных горных пород.

**Аккумуляция** – накопление на поверхности суши или на дне водного бассейна, реки минеральных веществ или органических остатков.

**Аллювий** – отложения, формирующиеся постоянными водными потоками в речных долинах (Чуйская долина имеет 600–800 м аллювия до корен. пород).

**Амальгама** – сплав металлов с ртутью.

**Аморфность** – состояние твердого вещества с беспорядочным расположением частиц (молекул, атомов, ионов). Состояние, противоположное кристаллическому.

**Амплитуда** – расстояния изменений размеров или проекций размеров элементов рельефа или других ритмичных характеристик.

**Анализ шлихо-минералогический** – исследование минералов из рыхлых пород путем разделения фракций по магнитности, удельному весу и размерам зерна.

**Анизотропия** – различные значения физических свойств горных пород, минералов (кристаллов) по разным направлениям.

**Аномалия** – сильное отличие по каким-либо характеристикам (в сторону повышения значений) по сравнению с фоновыми значениями.

**Антиклиналь** – выпуклый изгиб напластованных слоев горных пород в складчатых областях.

**Антрацит** – каменный уголь наиболее высокой степени углефикации с наибольшей калорийностью сгорания и наименьшей зольностью.

**Ассоциация парагенетическая минералов** – закономерное сообщество минералов, образовавшихся в одну стадию минерализации.

**Базиты** – синоним «основные породы».

**Бархан** – подвижная песчаная форма рельефа пустынь и полупустынь, поперечная к направлению ветра.

**Батолит** – («*батос*» – глубина), по первоначальному представлению Зюсса (Suess, 1888) – крупное интрузивное тело, имеющее крутые контакты и большую вертикальную мощность.

**Бентос** – организмы, населяющие дно водоема; галобенитос – на дне моря; лимнобентос – на дне пресных водоемов.

**Биогеохимия** – раздел геохимии, рассматривающий роль организмов в миграции, распределении, рассеянии и концентрации химических элементов в оболочках биосферы, в организмах и живом веществе.

**Бисквит** – неглазированный фарфор, служащий для получения черты минерала.

**Бомбы вулканические** – выбросы кусков лавы из вулкана на большую высоту, внутри пористые, снаружи – стекловатые.

**Брекчии** – крупнообломочные горные породы, состоящие из сцементированных угловатых (неокатанных) обломков пород и минералов разного состава и цвета размерам от 10 мм, и цемента.

**Валунос** – крупные окатанные обломки и глыбы горных пород размером 10–100 см.

**Верховодка** – временное или сезонное скопление земных вод в зоне аэрации (почвенно-грунтовых пород), подстилаемых водонепроницаемыми слоями.

**Вечная мерзлота** – близповерхностная подземная зона с отрицательной температурой горных пород, сохраняющаяся веками и даже тысячелетиями.

**Вкрапленность** – зерна и мелкие скопления подземных вод в зоне аэрации (почвенно-грунтовых пород), подстилаемых водонепроницаемыми слоями.

**Возраст геологический** – время, прошедшее от какого-либо геологического события; абсолютный возраст горных пород, минералов, руд, выраженный в единицах астрономического времени и устанавливаемый различными радиологическими методами по накоплению в них продуктов распада радиоактивных элементов; относительный возраст геологический – время какого-либо события в истории Земли по отношению ко времени другого геологического события (возраст осадочных слоев – древние – молодые).

**Вскрыша** – горные породы, которые надо удалить при открытой разработке полезных ископаемых до верхних частей рудного тела.

**Вулканизм** – совокупность процессов и явлений, связанных с перемещением магматических масс и часто сопровождающих их газоводных продуктов из глубинных частей земной коры на поверхность.

**Выветривание** – процесс разрушения и изменения минералов и горных пород на поверхности земли под воздействием физических, химических и органических агентов (факторов).

**Выработки горные** – полости в земной коре, образовавшиеся в результате проведения горных работ в толще полезного ископаемого или в пустых породах (расчистки, закопушки, канавы, дудки, неглубокие шурфы, карьеры, разрезы – с поверхности; шурфы (глубокие), штольни, штреки, гезенки, орты, квершлагги и др. под поверхностью земли).

**Габитус кристаллов** – наружный вид кристаллов, определяемый преобладающим развитием граней тех или других простых форм, и зачастую отличающийся от строения кристаллической решетки.

**Газ нефтяной** – природный газ, сопровождающий нефть в виде газовой шапки над залежью нефти или в растворенном состоянии в нефти.

**Газ рудничный** – поступающий в горные выработки из рудничных вод, вмещающих горных пород или полезного ископаемого при разведке или эксплуатации месторождения (главным образом метан с примесью газов парафинового или олефинового ряда, углекислота, азот, сероводород).

**Гамма-лучи** – электромагнитное излучение с короткой длиной волны (около  $1 \text{ \AA}$  и короче), испускаемое ядрами природных и искусственных радиоактивных элементов.

**Генезис** – происхождение каких-либо геологических образований.

**Генерации минералов** – в минеральных образованиях сложного состава, формирующихся в течение длительного времени в условиях меняющегося термодинамического режима, минералы, образующиеся в разные стадии процесса. Одни и те же минералы различной генерации отличаются составом и формой.

**Геодинамика** – наука о процессах, протекающих в системе «Земля» и о силовых (энергетических) полях, проявляющихся в этих процессах.

**Геология** – наука о строении Земли, ее происхождении и развитии.

**Глетчер** – долинный ледник.

**Глубинные разломы** – зоны подвижного сочленения крупных блоков земной коры и подстилающей части верхней мантии, обладающей протяженностью до многих сотен и тысяч км при ширине иногда до нескольких десятков км.

**Гравитация** – явление взаимодействия любых материальных масс (взаимоотношения планет в солнечной системе, притяжение Землей любых тел на поверхности ее и пр.).

**Гумус** («*humus*» – земля) – сложный агрегат темноокрашенных аморфных продуктов преимущественно биохимического разложения отмерших остатков организмов.

**Дайка** (англ. «*dike*», «*dyke*» – стенка из камня или дуг) – пластинообразное, вертикальное или крупнопадающее тело, ограниченное параллельными стенками и имеющее большую протяженность по простиранию и падению при относительно небольшой мощности – разновидность жилы в породах.

**Движения тектонические** – механические перемещения в земной коре и в верхней мантии, вызывающие изменение структуры тел; бывают дизъюнктивные (разрывные) и пликативные (складчатые).

**Делювий** – (лат. «*смываю*») – скопление на склонах и у подошвы (основания) возвышенностей и гор продуктов выветривания, смытых сверху вниз дождевыми и талыми снеговыми водами, а также сползших под влиянием силы тяжести, морозного сдвига текучести грунта.

**Дендриты** – древовидные агрегаты минералов, чаще всего образовавшиеся в узких трещинах в результате быстрой кристаллизации в вязкой среде.

**Денудация** – снос, удаление продуктов выветривания.

**Депрессия** – в геоморфологии понижение на земной поверхности.

**Дислокации** – нарушение первоначального залегания горных пород.

**Дренаж** – осушение горных пород.

**Дюны** – песчаные холмы, возникающие в результате деятельности ветра на песчаных берегах морей, рек, озер. Продольный профиль асимметричный: подветренный склон до  $35^\circ$ , наветренный до  $15^\circ$ .

**Железная шляпа** – верхняя окисленная часть сульфидного месторождения с пиритом. Состоит преимущественно из различных водных окислов Fe (гетит, гидрогетит), иногда гематит, минералы кремнезема (кварц, халцедон, опал) с участием вторичных карбонатов меди и др.

**Жила** – трещина в горных породах, заполненная каким-либо минералом.

**Забой** – конец горной выработки (штольни, шурфа, штрека) или буровой скважины.

**Закопушка** – ямообразная горная выработка для вскрытия коренных горных пород под почвой и дерном.

**Залежь рудная** – скопление полезного ископаемого в земной коре, отчетливо отграниченное от окружающей горной породы.

**Запасы полезных ископаемых** – количество полезных ископаемых в недрах; подсчитываются обычно в тоннах, кг (Au), каратах (алмазы), м<sup>3</sup> (строительные материалы).

**Земная кора** – твердая оболочка Земли с поверхности до верхней границы расплава мантии.

**Извлечение** – способность кристаллических веществ, аналогичных по химическому составу и кристаллической форме, давать смешанные кристаллы или явление, выражающееся в свойстве или способности химических элементов (или атомов) замещать друг друга в кристаллах или минералах благодаря близости свойств.

**Изотропность** – тождественность физических свойств в любых направлениях (стекла) в отличие от анизотропных.

**Инверсия** – («*inversion*» – переворачивание) в кристаллографии отражение геометрической фигуры в точке, в результате по другую сторону от точки отражение изображающей фигуры получается перевернутым.

**Ингибиторы** – отрицательные катализаторы, замедляющие или задерживающие химические реакции.

**Инкрустация** – минеральные корки и натёки вокруг какого-либо предмета в результате выделения минерала из воды источников или гейзеров.

**Интрузия** – процесс внедрения магмы в земную кору без прорыва на поверхность.

**Инфильтрация** – протекание, просачивание поверхностной и атмосферной воды в породы по капиллярам, порам, трещинам, пустотам.

**Иризация** – яркий, цветной отлив на гранях или спайных плоскостях некоторых минералов (напр. лабрадора).

**Капез** – подземные воды, просачивающиеся из кровли горных выработок или пещер в виде капель.

**Карст** – растворение горных пород (чаще гипсовых и карбонатных) водой, и образование в них пустот разного размера и формы. Процесс закарстованности может быть с поверхности и на большие глубины.

**Карта геологическая** – графическое изображение на топографической карте выходов на поверхность горных пород разного состава и возраста.

**Карьер** – эксплуатационная открытая горная выработка значительных размеров, служащая для добычи руды и стройматериалов (песка, гравия).

**Каустобиолиты** – горючие ископаемые («каустос» – горючий, «биос» – жизнь, «литос» – камень), которые являются продуктами преобразования остатков растительных и животных организмов (торф, горючие сланцы, уголь, нефть, газ).

**Керн буровой** – цилиндрический столбик горной породы, выбуренный колонковым снарядом буровой скважины – документ изучения недр.

**Кларк** – константа распространенности химического элемента в земной коре, в литосфере, атмосфере, живом веществе или другой крупной геохимической системе, выраженная в весе или числе атомов, процентах и др. выражений.

**Кластиты** – отложения обломочные, продукты физического выветривания.

**Кливаж** – способность пород раскалываться на пластинки и призмы по густо развитой системе параллельных поверхностей, секущих слоистость или согласных с ней.

**Колонка стратиграфическая** – чертеж специальными условными знаками в принятом масштабе изображений, последовательность напластований горных пород и характер контактов между ними.

**Коллювий** – обломочный материал, смещенный под действием силы тяжести, и накопленный на склонах гор и у их подножий (осыпи, оползни).

**Конвекция** – перемещение масс жидкости или газа (магмы), вследствие разности температур в отдельных участках среды и соответствующей разности плотности.

**Кондиции** – совокупность требований промышленности к качеству минерального сырья и горно-геологическим параметрам месторождения полезного ископаемого.

**Конкреция** – стяжения аутигенных (хемо или биохемогенных) минеральных компонентов, ясно отличающиеся от вмещающей среды. Обычно сферической формы с концентрической зональностью или радиально-сферической структурой (фосфориты).

**Контур подсчетный** – границы рудного тела или отдельных его частей (блоков), в пределах которых производится подсчет балансовых или забалансовых запасов руды.

**Кора выветривания** – комплекс горных пород, возникающих в верхней части литосферы в результате преобразования в континентальных условиях всех разновидностей пород под влиянием различных факторов выветривания.

**Корреляция** – отношение, сопоставление слоев горных пород или отдельных частей с целью определения степени сходимости, подробности.

**Кратер вулканический (чаша)** – впадина в виде чаши или воронки, образовавшаяся в результате активной деятельности вулкана.

**Кремнезем** – двуокись кремния  $\text{SiO}_2$ .

**Кристалл** – твердое тело, в котором элементарные частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены закономерно по геометрическим законам кристаллических решеток. Основные свойства кристаллов – однородность, способность самоограняться.

**Кровля** – поверхность, ограничивающая пласт сверху или пустые породы над рудным пластом. Синоним – крыша.

**Ксено** – чуждый (ксенолит – включение обломков в породе, не присущего ей состава).

**Лава** – раскаленная жидкая или очень вязкая масса, вытекающая или выжимающаяся на поверхность земли при извержении вулканов.

**Лакколит** – грибообразный (караваеобразная) интрузия, у которой как дно, так и кровля, согласны со слоистостью вмещающих пород.

**Лапилли (камешки)** – округлые или угловатые вулканические выбросы размером от горошины до грецкого ореха.

**Ледник** – естественная масса кристаллического льда, имеющая значительные размеры, локализуемая выше снеговой границы и существующая длительное время.

**Линза** – геологическое тело чечевицеобразной формы, быстро выклинивающееся по всем направлениям.

**Магма (тесто, густая мазь)** – расплавленная огненно-жидкая масса (чаще силикатная) под земной корой и дающая при остывании магматические горные породы.

**Магматизм** – эффузивные (вулканизм) и интрузивные (плутонизм) процессы в развитии геосинклинальных (складчатых) и платформенных областей – совокупность всех геологических процессов, движущей силой которых является магма и ее производные.

**Магнитуда землетрясения (M)** – относительная энергетическая характеристика землетрясения, определяемая как логарифм отношения максимальных амплитуд волн данного землетрясения к амплитудам таких же волн некоторого стандартного землетрясения.

**Макро** – приставка, обозначающая большой, крупный, больших размеров (противопоставляется «микро»). Например, макроструктура.

**Мантия Земли** – включает весь вещественный комплекс, залегающий между границей Мохоровичича (30–35 км) – подошвой земной коры и границей Вихерта–Гутенберга (2900 км) – наружной границей ядра.

**Материк** – весьма крупные глобальные структурные элементы, обладающие специфическим сложным глубинным строением.

**Меандры** – изгибы русла реки.

**Мега** – приставка, обозначающая большой, крупный.

**Мезо** – средний, промежуточный между разными расстояниями.

**Месторождение (полезного ископаемого, м.п.и.)** – природное скопление полезного ископаемого, которое в количественном и качественном отношении техники и в данных экономических условиях – рентабельность отработки.

**Месторождение коренное** – скопление полезных ископаемых в коренных породах, т. е. на месте его первоначального образования. Противопоставляется россыпным месторождениям того же полезного ископаемого, например, золота, алмазов.

**Мета** – приставка «после» к названию породы, например, метагаббро – метаморфизованное габбро.

**Металлогения** – раздел учения о полезных ископаемых, характеризующий геологические закономерности размещения рудных месторождений в пространстве и во времени.

**Металлы благородные** – драгоценные *Au, Ag, Pt* и металлы платиновой группы – платиноиды.

**Металлы легкие** – *Al, Mg*.

**Металлы малые** – устар. групповое наименование для таких металлов как *Sn, W, Mo, Sb, Hg* и некоторых других, сейчас относимые к редким.

**Металлы рассеянные** – встречающиеся в ничтожных количествах в горных породах и рудах, образуя очень редко самостоятельные минералы (*In, Ga, Ge*, и др.), а также редкоземельные элементы.

**Металлы редкие** – условно выделяемая группа металлов, к которой обычно относят: *Sn, W, Mo, Bi, Sb, Hg, V, Ta, Nb, Cd, Be, Zr* и некоторые другие.

**Металлы самородные** – встречающиеся в природе в чистом или почти чистом виде.

**Металлы цветные** – группа металлов: *Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Al, Mg*, иногда к цветным относят *Sn, W, Mo, Sb, Hg*, т. е. металлы, выплавляемые в цветной металлургии.

**Металлы черные** – используемые в черной металлургии (т. е. металлургии *Fe*), сюда входят *Mn, Ti, Cr*.

**Метаморфизм** – разнообразные эндогенные процессы, с которыми связаны те или иные изменения в структуре, минеральном и химическом составе горных пород. Главные факторы – температура, давление (гидро-

статическое и одностороннее), состав и химическая активность растворов и флюидов при существенном значении состава и строения исходных пород. Основные виды метаморфизма – региональные, динамометаморфизм, контактовый.

**Метасоматоз** – метаморфизм с изменением химического состава, замещение одних минералов другими в ходе химической реакции.

**Метеориты** – тела, падающие на Землю из межпланетного пространства. По составу бывают железные (сидериты), железокремнистые (сидеролиты или литосидериты), каменные (хондриты, аэролиты) и стекловатые (тектиты).

**Микро** – приставка для образования малой величины.

**Миндалины** – небольшие выположения пустот в эффузивных породах, представленные гидротермальными минералами: цеолитами, хлоритом, опалом, халцедоном, кварцем, кальцитом, арагонитом и др. Например, миндалекаменный базальт.

**Минерал** – твердые однородные (в физико-химическом смысле) составные части земной коры, образовавшиеся в результате геохимических процессов и устойчивые для данных условий.

**Минералогия** («минера» – руда) – наука о минералах.

**Моно** – один, например, монолит.

**Морена** – отложения, накопленные глетчерным льдом, формирующиеся подо льдом за счет экзарации (выпахивание) ложа при движении ледника.

**Мощность** – толщина геологических тел (пласта, жилы, свиты, яруса, системы и т. д.). Различают мощность истинную, вертикальную и различные типы видимых.

**Мясника** – вязкая глинистая масса в золотоносном пласте, обычно красного или красно-бурого цвета, способствующая концентрации *Au*.

**Надвиг** – разрывное нарушение обычно с пологим (до 45° или не более 60°) наклоном сместителя, по которому висячий бок поднят относительно лежащего и надвинут на него.

**Наклонение магнитное** – угол между направлением силовых линий (полным вектором напряженности) магнитного поля Земли и горизонтальной плоскостью.

**Наносы** – рыхлые четвертичные отложения на земной поверхности (песок, гравий, галечник, глина), покрывающие коренные породы и часто залегающие в виде сплошного покрова.

**Напластование** – явление смены в разрезе осадочных пород одних пластов (слоев) другими, то же что наслоение.

**Некк** (англ. «neck» – шея) – столбообразное тело, представляющее собой восполнение жерла вулкана эруптивным материалом (лавы, туфолавы, туфы).

**Нео** – новый или молодой.

**Неоген** – второй геологический период с начала кайнозойской эры продолжительностью около 25 млн лет.

**Неолит** – новый каменный век, позднейший этап развития культуры человека каменного века, отвечает распаду родового строя, приручению животных и началу земледелия.

**Несогласие угловое** – залегание более молодых отложений (стратифицированных) на размытой поверхности более древних пород, имеющих иной угол падения.

**Нефть (нафта)** – жидкий каустобиолит, представляет собой концентрат жидких, преимущественно углеводородных продуктов преобразования в осадочной толще захороненного органического вещества.

**Обвал** – как и осыпь – результат перемещения (гравитационного движения) без участия воды на крутом склоне (угол > угла естественного откоса).

**Область влияния** – в горном деле – область в окружающем выработку массиве горных пород, в которой напряжения перераспределяются вследствие проходки горных выработок, в гидрогеологии – область влияния водозабора на водоносные породы.

**Обогащение полезных ископаемых** – обработка руды с целью его обогащения, повышения содержания полезного компонента, выделения его в чистом виде, удаление вредных примесей.

**Образец** – кусок горной породы (минерала) или окаменевшие остатки организмов, взятые для изучения из обнажений или керна.

**Озеро** – замкнутое понижение на суше, заполненное водой.

**Озокериты** – («озо» – запах, «керос» – воск) – общее название битумов, масляная часть которых сложена в основном твердыми углеводородами преимущественно парафинового ряда.

**Окатанность** – изменение формы зерна или обломка породы вследствие истирания под влиянием его движения в среде седиментации (в речном русле, морском побережье).

**Океан** – беспредельное море, огромная впадина в рельефе земли, заполненная океаническими водами.

**Океан мировой** – совокупность океанов и морей на Земле.

**Оконтуривание залежи полезного ископаемого или рудного тела** –

1. Установление границ залежи полезных ископаемых или рудного тела с помощью разведочных выработок, геофизических методов и т. п.

2. Построение контуров залежи полезных ископаемых по разведочным данным на графических материалах.

**Окремнение** – процесс обогащения горных пород различными видами кремнезема – опалом, халцедоном, кварцем.

**Оолиты** – шаровидные или эллипсоидальные образования из углекислой извести, окислов: *Fe*, *Mn* и пр., обладающие концентрически-слоистым, иногда радиально-лучистым строением.

**Оползень** – отрыв земляных масс и слоистых горных пород и перемещение их по склону под влиянием силы тяжести, чаще всего после насыщения водой.

**Опробование** – исследование качества полезных ископаемых – определение его химического, минерального, петрографического состава, физико-технических, технологических свойств.

**Ореол рассеяния (вторичный)** – зона повышенных концентраций тех или иных элементов, образующихся в результате воздействия на месторождение полезных ископаемых экзогенных процессов.

**Орто** – приставка – прямой, правильный, истинный.

**Оруденение** – присутствие в горных породах рудных минералов.

**Отдельность** – характерная форма блоков (глыб, кусков) горных пород, образующаяся при естественном (выветривании) или искусственном раскалывании.

**Отложения** – древние или современные осадочные породы.

**Оценка месторождений полезных ископаемых экономическая** – определение народнохозяйственного значения и эффективности разработки месторождения.

**Очаг вулканический** – изолированная камера или резервуар магмы, откуда происходит питание вулкана, соединяется с поверхностью земли выводящим вулканическим каналом.

**Очаг землетрясения** – область внутри земли, где под влиянием внутренних причин внезапно выделяется потенциальная энергия, которая разрушает и деформирует природный материал.

**Падение** – наибольший наклон пласта (слоя, жилы, поверхности разрыва и др. геологических тел и поверхностей).

**Палео** – древний.

**Парагенезис** – совместное нахождение, возникающее в результате одновременного или последовательного образования (происхождения).

**Пелит** – общее название осадочных пород любого состава и происхождения, сложенных частицами <0,001 или <0,005 мм (пылеватые частицы и илы).

**Перенос (транспортировка осадков)** – перемещение обломочного материала (продуктов выветривания) посредством какого-либо агента денудации – ветра, вредных потоков и пр.

**Период полураспада ( $T_{1/2}$ )** – время, в течение которого распадается половина наличных атомов любого радиоактивного элемента – константа распада не зависит от окружающих условий.

**Петрография** («петро» – скала, камень) – наука, изучающая горные породы с точки зрения их минерального, химического состава, геологических особенностей.

**Пласт** – геологическое тело, имеющее плоскую форму, при которой его мощность во много раз меньше размеров площади его распространения.

**Плато** – равнина в пределах платформенной области с превышением над уровнем моря иногда на значительную величину.

**Платформа** – основной элемент структуры континентов, противопоставляемый геоклиналям и отличающийся от них существенно более спокойным тектоническим режимом.

**Плита** – крупная отрицательная тектоническая структура платформ, характеризующаяся наличием чехла, достигающего нередко значительной мощности и противопоставляется щиту.

**Плутон** – самостоятельное глубинное тело магматического происхождения (батолиты, штоки, лополиты), синоним – интрузия.

**Пльвун** – водонасыщенный песок, супесь, суглинок, способный перемешаться (расплываться).

**Пляж** – слабо наклоненная к морю полоса берега, сложенная песком, гравием, галечником, валунами, отлагающимися под действием прибойного потока.

**Пневматолиз** – пневматические процессы – образование минералов при участии газовой фазы (летучих, выделившихся из магмы) в виде возгонки и прямого отложения или в виде воздействия газов на ранее образованные минералы.

**Побежалость** – радужные цвета на поверхности минерала, возникшие в результате образования тонкой пленки окислов (чаще на сульфидах).

**Погреб (хрустальный погреб)** – в геологии полость в горных породах, содержащая кристаллы различных минералов (гр. кварца, берилл, топаз, фенакит), растущих на ее стенках.

**Поиски (месторождений полезных ископаемых)** – комплекс работ, направленных на выявление и перспективную оценку месторождений полезных ископаемых, основывается на изучении геологического строения района, анализа поисковых предпосылок и поисковых признаков на готовой геологической основе.

**Поиски детальные** – выявление месторождений и отдельных рудных тел полезных ископаемых и их перспективная оценка.

**Покров лавовый** – масса лавы, широко распространившаяся во все стороны, чаще на горизонтальной или с незначительным уклоном поверхности.

**Поле рудное** – сравнительно небольшая рудоносная площадь с одновременными или близкими по возрасту, генетически связанные между собой сближенными рудными месторождениями или рудными телами.

**Породы горные** – естественные минеральные агрегаты определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных тел. Различают 3 генетических класса: магматические, осадочные, метаморфические.

**Поток лавовый** – форма распространения лавы по поверхности, характеризующаяся значительной длиной и относительно небольшой шириной.

**Пояс рудный** – рудоносные площади линейной формы различного масштаба.

**Проба** – материал, взятый по установленным правилам от изучаемого объекта (породы или полезного ископаемого) и предназначенный для анализа (испытаний).

**Пролювий** – рыхлые образования, возникающие в результате переноса и отложения временными потоками продуктов выветривания горных пород. Слагают конусы выноса и образующиеся от их слияния пролювиальные шлейфы. Наносы, образуемые горными потоками во время сильных ливней.

**Простирание** – направление горизонтальной линии на поверхности пласта (слоя, плоскости разрыва), определяемые горным компасом относительно меридиана.

**Пустоты, полости карстовые** – в растворимых породах (известняки, доломиты, соли, гипсы, реже мергели и мел), возникшие вследствие растворяющего действия подземных вод.

**Разведка** – комплекс геологических работ, проводимых с целью определения ряда геолого-промышленных параметров, всесторонне характеризующих месторождение и необходимых для его промышленной оценки, проектирования и строительства горнорудного предприятия.

**Размыв** – процесс разрушения и удаления продуктов разрушения горных пород водными потоками, ледниками, ветрами.

**Разрез геологический** – графическое изображение на вертикальной плоскости: условий залегания горных пород; соотношение их мощностей; характера складчатых и разрывных нарушений. Разрез геологический дополняет и уточняет геологическую карту.

**Разрез стратиграфический опорный** – детальный разрез отложений, развитых в пределах определенного участка земной коры или его части, отличающийся возможно большей полнотой.

**Разрыв (разрывное нарушение)** – тектонические нарушения, сопровождающиеся перемещением разорванных частей геологических тел друг относительно друга (дизъюнктов, дислокация).

**Рассечка** – подземная горизонтальная горная выработка небольшой длины, проходима из других подземных выработок с целью прослеживания или пересечения тела полезного ископаемого.

**Рассол** – природная вода с минерализацией свыше 35 г/кг (36 г/л), по Вернадскому (1960 г.) – 50 г/л. Преимущественно хлоридные, реже сульфатные воды.

**Растворы гидротермальные** – жидкие горячие водные растворы, циркулирующие в земной коре и участвующие в процессах перемещения и отложения минералов.

**Рельеф** – совокупность всех форм земной поверхности для каждого конкретного участка и Земли в целом.

**Рентабельность освоения месторождения** – превышение ценности извлекаемого компонента (металла) над его себестоимостью.

**Решетка атомная** – кристаллическая решетка или вообще кристаллы, строительными единицами которых являются химические элементы, связанные атомной связью – ковалентной или металлической.

**Рифт** – линейно вытянутая на несколько сот км (нередко свыше 1000 км) щелевидная или ровообразная структура глубинного происхождения (в океанах).

**Россыпи** – скопления на земной поверхности мелких обломков горных пород или минералов, образующихся за счет разрушения коренных месторождений или коренных горных пород. Содержат полезное ископаемое, иногда в ничтожных количествах (Au, алмазы, топазы, касситерит).

**Руда (минера)** – минеральное вещество, из которого технологически возможно и экономически целесообразно извлекать валовым способом металлы или минералы для использования их в народном хозяйстве.

**Рудопроявление** – обычно небольшое природное скопление минерального вещества, которое почти удовлетворяет по качеству кондиционным требованиям, но в количественном отношении не может считаться предметом разработки в данных экономических условиях (в отличие от месторождения).

**Ряд изоморфный** – ряд элементов, способных изоморфно замещать друг друга или давать смешанные кристаллы (кальций, доломит, магний).

**Самоцветы** – прозрачные бесцветные и цветные драгоценные, полудрагоценные, поделочные минералы и горные породы, обладающие ценными свойствами: высокой твердостью, красивым цветом или рисунком, принимающие ювелирную обработку и применяющиеся в ювелирном или поделочном ремесле.

**Сброс** – разрыв с вертикальным или наклонным сместителем, по которому крылья сброса смещены относительно друг друга.

**Свинчак** – мелкокристаллический агрегат галенита.

**Свита** – совокупность отложений, образовавшихся в данном регионе в определенных физико-геологических условиях, и занимающие в них определенное положение.

**Сдвиг** – разрыв с вертикальным или наклонным сместителем, по простиранию которого крылья смещены друг относительно друга (горизонтальные смещения).

**Сейсмичность** – проявление землетрясений.

**Сель (силь)** – кратковременный разрушительный поток, перегруженный грязекаменным материалом. Возникает в результате обильных дождей, снеготаяния в горных районах, проходит с большой скоростью и обладает большой разрушительной силой.

**Секреция (выделение)** – кристаллические или коллоидные минеральные вещества, выполняющие пустоты в породах и отличающиеся по составу с вмещающими породами. В отличие от конкреций заполнение пустот происходит от периферии к центру путем отложения на стенках пустот.

**Сеть поисковая или разведочная** – система наиболее рационального расположения искусственных обнажений или буровых скважин, точек опробования и наблюдений для выявления положения рудного тела.

**Симметрия** – соразмерность, закономерная повторяемость равных частей, слагающих фигуру (кристалл).

**Сингония** – («*гония*» – угол) – в кристаллографии вид симметрии, группа видов симметрии, которая при одинаковом числе единичных направлений обладает одним или несколькими сходными элементами симметрии.

**Синклиналь** – вогнутая складка, ядро которой сложено более молодыми слоями, чем на крыльях.

**Складкообразование** – изгибы разного масштаба в породах под влиянием направленного давления, чаще горизонтального.

**Сорбция** – поглощение – процесс поглощения каким-либо телом паров, газов или растворенных веществ из окружающей среды.

**Спайность** – свойство кристаллов колотья по плоскостям, параллельным действительным или возможным граням.

**Сталактит** – минеральное натечное образование, нарастающее на кровле пещер, рудников и спускающихся вниз в виде сосулек.

**Сталагмит** – натечное образование на дне пещер (чаще известковые, гипсовые) и нарастающие снизу вверх.

**Сток** – перемещение воды в процессе ее кругооборота в форме стекания по земной поверхности.

**Стратиграфия** («*stratum*» – слой) – раздел исторической геологии, охватывающий вопросы исторической последовательности отложения осадочных пород.

**Структура** – 1) для магматических и метаморфических пород – совокупность признаков горных пород, обусловленная степенью кристалличности, размерами и формой кристаллов, взаимоотношения между ними и стеклом; 2) совокупность структурных форм какого-либо участка земной коры, как следствие пликативной и дизъюнктивной тектоники.

**Суффозия** – выщелачивание растворимых солей почвы, что вызывает возникновение на поверхности земли проседание вышележащих слоев и образование замкнутых понижений.

**Тампонаж скважины** – цементаж – закрепление стенок скважины глинистым раствором (с технологическими примесями) во избежание осыпания из них обломков и заклинивания бурового снаряда.

**Текстура (горных пород)** – (сплетение, сложение) – совокупность признаков строения горных пород, обусловленных ориентировкой и относительным расположением составных частей породы (например, слоистая, такситовая).

**Тектоника** – (строительство) – строение какого-либо участка земной коры, определяющееся совокупностью тектонических нарушений и историей их развития. Геотектоника – учение о строении земной коры, геологических структурах и закономерностях их расположения и развития.

**Тело рудное** – скопление рудного вещества в какой-либо форме – жила, линза, щиток и пр.

**Техника разведки** – технические средства, применяемые при разведке месторождения полезного ископаемого – буровые станки, шурфопроходческие агрегаты, канавокопатели.

**Толща** – совокупность осадочных эффузивных или метаморфических образований; характеризующихся некоторой общностью входящих в нее горных пород или характером их чередования.

**Тектоника** – (строительство) – строение какого-либо участка земной коры, определяющееся совокупностью тектонических нарушений и историей их развития. Геотектоника – учение о строении земной коры, геологических структурах и закономерностях их расположения и развития.

**Толща** – совокупность осадочных эффузивных метаморфических образований, характеризующих некоторую общность входящих в нее горных пород или характером их чередования.

**Топография** – место, местность, включающая в себя элементы физической поверхности суши и расположенные на ней объекты природы и деятельности человека с линиями изогипс, отражающими рельеф местности.

**Трансгрессия** – наступление моря на сушу.

**Трещины** – разрывы, пустоты в горных породах, перемещения по которым или отсутствуют, или незначительны.

**Трубка взрыва** – трубообразный канал с круглым или овальным сечением, образующийся в результате прорыва газов, наиболее крупные до 1 км в диаметре.

**Углеводороды** – органические соединения, состоящие только из углерода и водорода – газообразные, жидкие и твердые (парафин, нафталин).

**Угли ископаемые** – твердые горючие осадочные породы растительного происхождения, всегда содержащие до 95 % углерода и некоторое количество минеральных примесей.

**Антрацит** – самый высококалорийный и малозольный уголь, бурый и каменный – более низкого качества.

**Узел рудный** – рудоносная площадь относительно изометричных или неправильных очертаний.

**Ультрабазиты** – общее название для группы бесполевошпатовых ультраосновных пород (дунитов, перидотитов, нитритов).

**Факолит** – небольшое бескорневое интрузивное тело линзовидной формы, зажатое в замке антиклинальной (реже синклинальной) складки.

**Факторы** – физические и химические условия образования пород, руд, тектонических структур и пр.

**Фанерозой** – («фанерос» – явный, «зоэ» – жизнь) отложения осадочных пород, охарактеризованных достоверными органическими осадками.

**Фауна** – животный мир (древний и современный).

**Флора** – растительный мир (древний и современный).

**Фации** – (геологические, осадочные) – обстановки осадконакопления, овеществленные в осадке (органические остатки, облик пород).

**Фильтрация** – движение жидкостей и газов в пористой либо трещиноватой среде.

**Флексура** – коленчатый изгиб моноклинально-залегающих слоев.

**Флюидальный** – текучий – передающий в твердом состоянии картину движения.

**Формации геологические** – сообщества геологических тел (слоев), объединяемые в парагенетическом, генетическом, стратиграфическом или каком-либо ином отношении (вулканогенные, магматические, рудные, рудоносные).

**Фотосинтез** – процесс углеродного питания зеленых растений, осуществляемый при помощи световой энергии (Солнца), поглощаемой специальным пигментом – хлорофиллом.

**Фракции** – (доля, часть) – группа частиц осадочных пород и донных осадков, имеющие близкие размеры или удельный вес (тяжелая и легкая форма).

**Фумаролы** – выходы горячего вулканического газа и пара в виде струй из трещин или каналов на поверхности вулкана.

**Хвост угольного пласта** – разрушенная в результате выветривания угля часть угольного пласта у выхода его на поверхность.

**Хвосты** – отходы обогащения полезных ископаемых, состоящие в основном из пустой породы, т. е. имеющие минимальное содержание полезного компонента. Как правило, хвосты не пригодны для дальнейшей переработки и укладываются в отвалы или хвостохранилища.

**Цемент** – в петрографии вещество, связующее обломки в конгломератах, брекчиях, алевролитах.

**Ценность месторождения** – промышленное значение месторождения, определяемое количеством, качеством полезного ископаемого, а также его востребованностью в народном хозяйстве.

**Цирк** – вогнутая форма рельефа (котловина).

**Цунами** – огромные, разрушительной силы волны, возникающие при локальном изменении уровня воды во время подводных землетрясений (в океане).

**Четвертичный период** – последний (новейший) период в истории Земли, продолжающийся около 1 млн лет.

**Шарьяж** – горизонтальный или пологий надвиг с перемещением масс в виде покрова на расстояние, достигающие нескольких десятков или даже первых сот километров по волнистой поверхности надвига.

**Шахта** – вертикальная или наклонная горная выработка большого поперечного сечения (разведочная или эксплуатационная) – 2\*3, 3\*3, 3\*4 м.

**Шахтное поле** – часть месторождения, которая отводится по экономическим условиям данной шахте для разработки.

**Шельф** – область, затопленная морем, находящаяся на периферии континента, обширная материковая отмель шириной от 0 до 1500 км.

Занимает около 28 млн км<sup>2</sup> – 8 % всей площади Мирового океана. Весьма перспективна на различные полезные ископаемые.

**Шлейф** – в геоморфологии полоса рыхлых отложений, окаймляющих подножие возвышенности.

**Шток** – относительно небольшое интрузивное тело часто неправильной формы, приближающийся к цилиндрическому, обычно крутопадающие.

**Штокверк** – рудное тело неправильной формы, часто система рудоносных жил и прожилков, ориентированных во все стороны.

**Штольня** – горизонтальная подземная горная выработка, имеющая непосредственный выход на дневную поверхность.

**Штрек** – горизонтальная подземная горная выработка. Проходится из другой горной выработки по простиранию рудного тела.

**Шурф** – вертикальная горная выработка квадратного, прямоугольного или круглого (дудки) сечения, проводимая с поверхности земли, может достигать 20–30 м, иногда с рассечками на забое.

**Щит** – в тектонике наиболее крупная положительная структура платформ, противопоставляемая плите, часто на месте выхода древнейших пород.

**Эксплозия** – вулканический взрыв, сопровождающийся выбросами большого количества пирокластического материала и газов.

**Элювий** – продукты выветривания горных пород, оставшиеся на месте своего образования (каолин на полевых шпатах).

**Эпигенез** – вторичные процессы, ведущие к изменениям и новообразованиям исходного материала.

**Эрозия** – процесс разрушения горных пород водным потокам.

**Эффузивные породы** – магматические породы, излившиеся на поверхность и остывающие в условиях нормального давления, часто пористые, губчатые (базальт, пемза).

**Ювенильный (юнот)** – первичный, эндогенного происхождения (ювенильные воды в магме).

**Ядро Земли** – центральная область Земли, ограниченная сферической поверхностью, средний радиус которой равен 3470 км (средняя глубина 2900 км). Обладает высокой плотностью, электропроводностью, пониженной скоростью сейсмических волн, поглощает поперечные сейсмические колебания. Предполагается металлический (в основном Fe) состав.

**Ядро складки** – внутренняя часть складки, прилегающая к осевой поверхности, сложено в антиклинальных складках более древними породами, в синклиналиных – более молодыми.

## ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Å – ангстрем внесистемная единица измерения длины, равная  $10^{-10}$  м  
(1 Å = 0,1 нм)

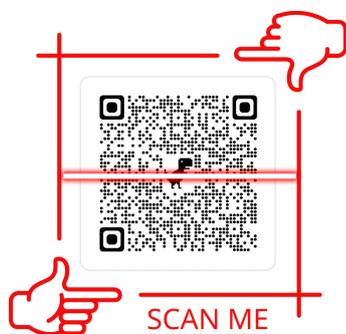
Аз. – азимут

Аз. пр. – азимут простирания

МПа – мегапаскаль – метрическая единица измерения давления

МПИ – месторождения полезных ископаемых

ПШ – полевые шпаты



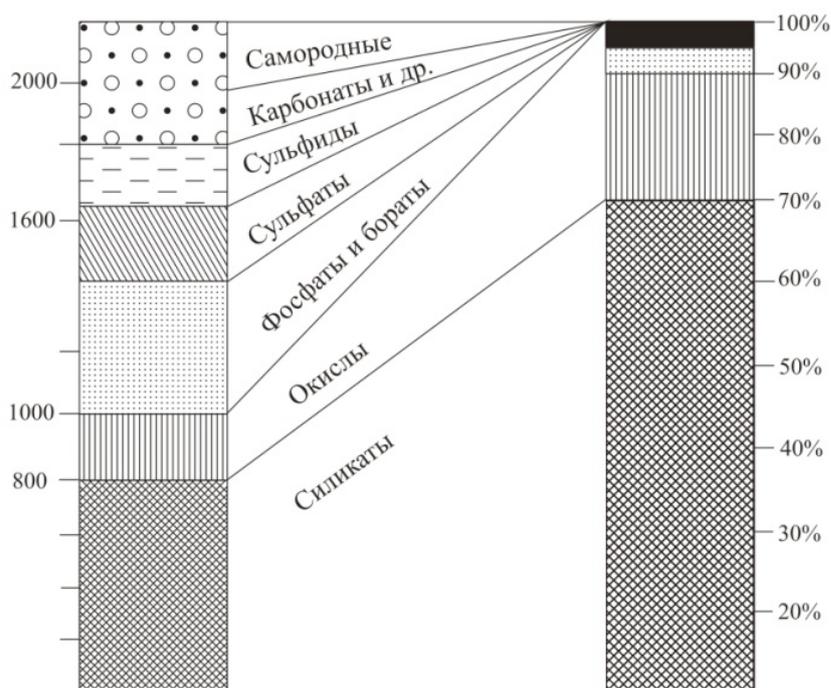
Наведите камеру смартфона на один из QR-кодов, чтобы отсканировать код и получить ссылку на развернутую презентацию по текущей теме.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Группа	Класс	Типы месторождений
1. Эндогенная серия		
Магматическая	1. Ликвационный	а) сульфидные медно-никелевые в основных и ультраосновных комплексах; б) хромитовые, титаномагнетитовые и руды элементов платиновой группы в расслоенных ультраосновных комплексах; в) редкие, редкоземельные и рассеянные элементы в щелочных комплексах
	2. Раннемагматический	Магматические горные породы, алмазоносные кимберлиты и лампролиты
	3. Позднемагматический	Хромитовые, титаномагнетитовые и апатит-нефелиновые
Карбонатитовая	Флюидно-магматический карбонатитовый	Перовскит-титаномагнетитовые, камафоритовые, редкометально-пироклоровые, редкоземельные и флюоритовые
Пегматитовая	1. Магматогенный	Керамические, мусковитовые, редкометальные и цветных камней
	2. Флюидно-анатектический	Редкометально-пироклоровые и апатит-нефелиновые
	3. Флюидно-метаморфогенный	Керамических, мусковитовых, редкометальных пегматитов и цветных камней
Скарновая	1. Известковый	Железорудные, вольфрам-молибденовые, медно-молибденовые, свинцово-цинковые
	2. Магнезиальный	Железорудные, медно-молибденовые, оловорудные, борные
Альбитит-грейзеновая	1. Альбититовая	Бериллиевые, литиевые, урановые и редкоземельные
	2. Грейзеновая	Олово-вольфрамовые, литиевые, бериллиевые
Гидротермальная	1. Плутоногенный	Штокверковые и жильные: а) высокотемпературные медно-молибден-порфиновые, золото-, олово-, медно-кварцевые; б) среднетемпературные полиметаллические, сурьяно-мышьяковые, редкометальные, ураноносные; в) низкотемпературные, родохрозитовые, магнезитовые, хризотил-асбестовые, баритовые
	2. Вулканогенный андезитовидный	Золото-серебряные, олово-вольфрамовые, ртутные, медные, алунитовые, исландского шпата, самородной серы
	3. Вулканогенно-осадочный, базальтоидный, субмаринный	Колчеданные, медноколчеданные, колчеданно-полиметаллические

Группа	Класс	Типы месторождений
<b>2. Экзогенная серия</b>		
Выветривания	Осадочный и переотложенный	Никель-кобальтовые, бокситовые, редко-металльные и редкоземельные, каолиновые, апатитовые, марганцевые
Осадочная	Механический рассыпной	Гравийные, песчаные и глинистые (огнеупорные, бентитовые): а) континентальные рассыпные золотые, платиновые, касситеритовые, алмазные, танталит-колумбитовые, корундовые; б) литоральные россыпные рутиловые, ильменитовые, циркониевые, касситеритовые, алмазные, цветные камни
	2. Хомогенный	а) гидрооксидные, суспензионно-коллоидные: бурых железняков, марганца, железо-марганцевых конкреций и корок; б) сульфидно-сульфатно-карбонатные: цветных и редких металлов в черных сланцах; в) сульфатно-галоидные: каменных, калийных солей, боратов, лития
	3. Биохимический	Фосфоритовые (континентальные и прибрежно-морские) кремнистые породы (диатомит, трепел, опоки), известняки, угли, горючие сланцы, торф
Эпигенетический	1. Грунтовых вод	Медистых песчаников, уран-ванадиевых в палеоруслах.
	2. Инфильтрационный	Редкометалльно-урановые
	3. Эксфильтрационный	Свинцово-цинковые в карбонатных породах, свинцовые в песчаниках, золоторудных и урановых в терригенно-карбонатных и черно-сланцевых толщах самородной серы, нефти и газа, йодобромистых и металлоносных рассолах
<b>3. Метаморфогенная серия</b>		
Метаморфизованная	1. Регионально-метаморфизованный	Железорудные, марганцевые, золото-урановые, апатитовые, колчеданные
	2. Контактново-метаморфизованный	Железорудные, графитовые, корундовые, скарнированные
Метаморфическая	1. Зеленосланцевый	Горного хрусталя, золото-кварцевые, мрамора, кварциты, кровельные сланцы
	2. Амфиболитовый	Андалузитовые, кианитовые, силлиманитовые, наждака, амфибол-асбестовые
	3. Гранулитэклогитовый	Гранатовые, рутил-ильменитовые, флогопитовые
	4. Импактитовый	Алмазные

## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ВАЖНЕЙШИХ ТИПОВ МИНЕРАЛОВ И КОЛИЧЕСТВО МИНЕРАЛОВ В КАЖДОМ ТИПЕ



- Силикаты** – 800 минералов, по массе 80% Земной коры.
- Окислы** – около 200 минералов, на их долю 17% веса Земной коры.
- Фосфаты** – 250 минералов + бораты, 0,7% веса Земной коры.
- Сульфаты** – 260 минералов, 0,1% веса Земной коры.
- Сульфиды** – 200 минералов, 0,25% веса Земной коры.
- Карбонаты** – 80 минералов, 1,7% веса Земной коры.
- Самородные минералы** – 90 минералов, 0,1% веса Земной коры.

## ВАЖНЕЙШИЕ РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ

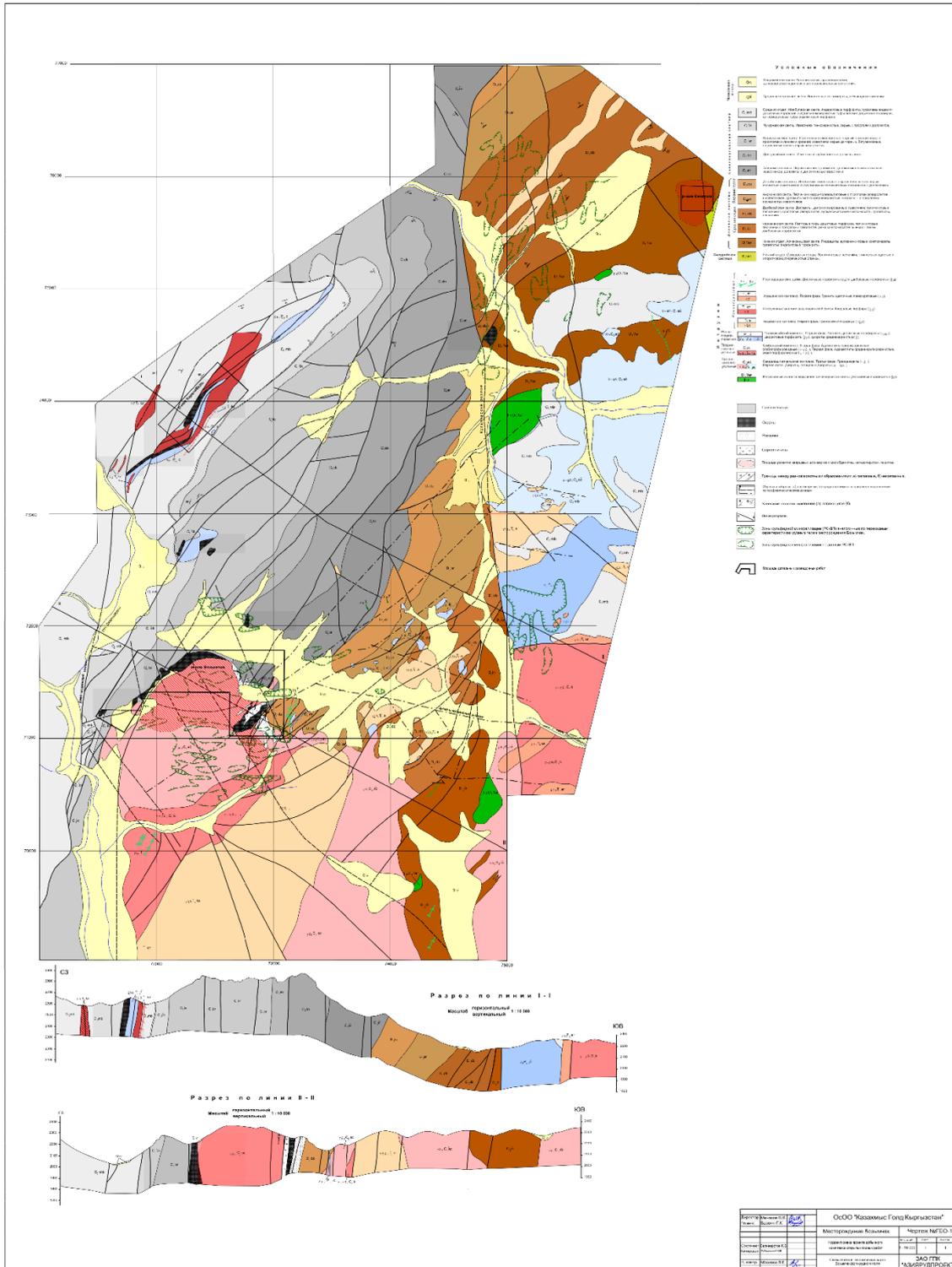
Добываемый металл	Промышленный минерал	Химическая формула минерала	Содержание металла в минерале в %	Плотность минерала, г/см <sup>3</sup>
<b>1. Железо</b>	Магнетит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	72	4,8–5,3
	Гематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	70	5,2
	Сидерит	$\text{FeCO}_3$	48	3,96
	Лимонит (бурый железняк)	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	48–63	2,7–4,3
<b>2. Марганец</b>	Пиrolюзит	$\text{MnO}_2$	63	4,7–5,0
	Псиломелан	$\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	45	4,7
	Манганит	$\text{MnO}(\text{OH})$	62	4,3
	Родохрозит	$\text{MnCO}_3$	48	3,7
<b>3. Хром</b>	Хромит	$\text{FeCr}_2\text{O}_4$	46	4,5
<b>4. Титан</b>	Ильменит	$\text{FeTiO}_3$	32	4,7
<b>5. Медь</b>	Халькопирит	$\text{CuFeS}_2$	34	4,2
	Халькозин	$\text{Cu}_2\text{S}$	80	5,8
	Ковеллин	$\text{CuS}$	6,6	4,6
	Борнит	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	5,3	5,3
	Малахит	$\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$	57	4
<b>6. Свинец</b>	Галенит	$\text{PbS}$	86	7,6
	Церуссит	$\text{PbCO}_3$	77	6,4
<b>7. Цинк</b>	Сфалерит	$\text{ZnS}$	67	3,5–4,0
<b>8. Алюминий</b>	Боксит	Смесь минералов с общим составом гидроокись Al	30–65	2,5–3,5
<b>9. Сурьма</b>	Антимонит	$\text{Sb}_2\text{S}_3$	71	4,66
<b>10. Ртуть</b>	Киноварь	$\text{HgS}$	86	8,0
<b>11. Мышьяк</b>	Арсенопирит	$\text{FeAsS}_2$	46	5,9–6,3
	Реальгар	$\text{AsS}$	70	3,5
<b>12. Никель</b>	Никелин	$\text{NiAs}$	44	7,8
	Пентландит	$(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$	34	4,5–5
<b>13. Кобальт</b>	Кобальтин	$\text{CoAsS}$	35	6,4
<b>14. Олово</b>	Касситерит	$\text{SnO}_2$	79	6,5–7,1
<b>15. Молибден</b>	Молибденит	$\text{MoS}_2$	60	4,8
<b>16. Вольфрам</b>	Вольфрамит	$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$	60	7,2–7,51
<b>17. Уран</b>	Уранинит	$\text{UO}_2$	33	6,5–10,0
<b>18. Серебро (кроме самородного)</b>	Аргентит	$\text{Ag}_2\text{S}$	87	7,4
<b>19. Золото (кроме самородного)</b>	Калаверит	$\text{AuTe}_2$	44	9,4

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ (по И.Ф. Романовичу, 1990, Л.Ф. Наркелюну, 1996 с добавлением)

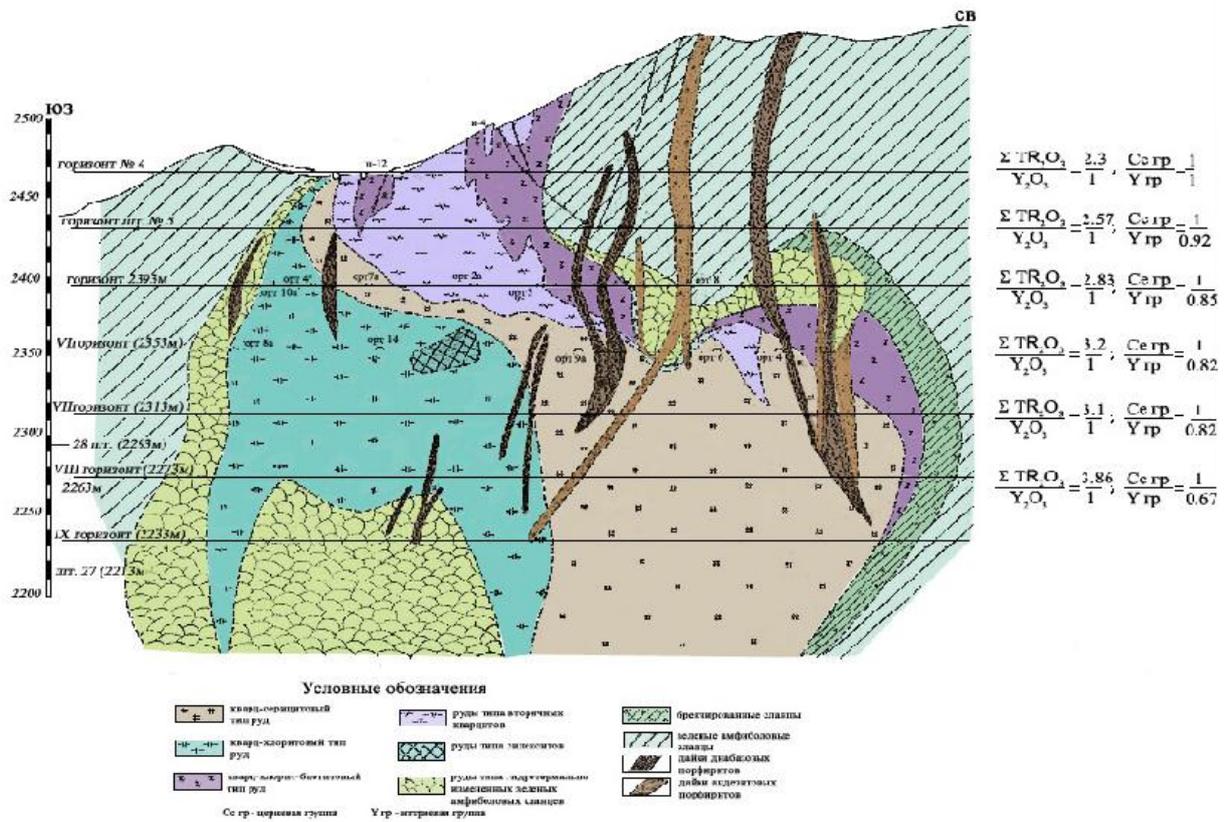
Группа минерального сырья	Отрасль промышленного использования	Классы и виды минерального сырья
1	2	3
Металлическое	Металлургия	Металлы: черные и легирующие (Fe, Cr, Mn, Ti, V, Co, Ni, W, Mo): цветные (Al – бокситы, Mg, Cu, Mo, Pb, Zn, Sn, Bi, Sb, Hg, As): благородные (Au, Ag, Pt и платиноиды): редкие (Li, Be, Sr, Rb, Cs, Zr, Ta, Nb, Y, редкие земли, рассеянные (Hf, Re, Se, Te, Sc, Tl, Cd, Ga, In, Ge), радиоактивные (U, Th, Ra)
Горнохимическое	Химическая	Сера, серный колчедан, гипс и ангидрит, каменные соли (галит, сильвинит, карналлит, селитра, сода, бишофит и др.), рассолы и рапа, фосфорит и апатит, бораты и боросиликаты, цеолиты, барит, каменные кислотоупоры и др.
Горно-индустриальное	Машиностроение, электротехника, камнеобработка, ювелирное дело и др.	Абразивы (технические алмазы, корунд, топаз, гранат, кварц); пьезооптическое сырье (пьезокварц, оптические кварц и флюорит, исландский шпат); тепло- и электрозащитные материалы (асбест, мусковит, флогопит, тальк), сорбенты и отбеливатели (опоки, цеолиты, шунгит, мел, каолин, тальк); смазочные материалы (графит, молибден, битумы и битумоиды), драгоценные и полудрагоценные камни первого класса (ювелирный алмаз, изумруд, рубин, сапфир, александрит), второго класса (топаз, аквамарин, рубеллит и др.), третьего класса (благородные гранаты, кианиты, эпидоты и турмалины, аметист, жемчуг, коралл, янтарь и др.), поделочные камни (нефрит, родонит, лазурит, малахит, чароит, агальматолит, обсидиан, офиокальцит, офит, амазонит, лабрадорит, мрамор, яшма, агат и др.), сырье для каменного сырья (диабазы, базальты и др.)
	Металлургия	Флюсы (известняки, доломиты, плавиковый шпат), огнеупоры, магнезиты, доломиты, огнеупорные глины, кварциты, графит, пирофиллит, формовочные пески, высокоглиноземистое сырье (нефелиновые)

Группа минерального сырья	Отрасль промышленного использования	Классы и виды минерального сырья
1	2	3
Строительное	Строительная и керамическая	Строительный камень (горные породы, дресва, буттовый камень, галька, гравий, щебень); кровельные сланцы; цементное сырье (известняки, доломиты, мергели, глины): наполнители бетона (щебень, гравий, песок, вермикулит); вяжущие материалы (мергели, известняки, глины, гипс, ангидрит); гидравлические добавки (трассы, пемза, диатомиты, трепелы, опоки, перлит и др.); стекольно-керамическое сырье (стекольные пески, полевой шпат, пегматиты, разновидности гранитов, каолин, волластонит, легкоплавкие, тугоплавкие, огнеупорные, керамзитовые, бентонитовые и кирпичные глины); облицовочные камни (мраморы, граниты, лабрадориты, габбро, лампрофиры и др.); минеральные краски (вивианиты, глауконитовые глины, охра, умбра и др.)
Каустобиолиты	Энергетика и химическая	Торф, лигниты, бурый и каменный уголь, горючие сланцы, битумы
Газогадро-минеральное	Энергетика и химическая	Нефть, метан и углеводородные газы; подземные воды (питьевые, технические, минеральные и бальнеологические, бор, йод, бром- и металлосодержащие рассолы); поверхностные воды (озерные и морские рассолы, морские воды (источник магния и сульфатов натрия); минеральные грязи и илы (торфогрязи, сапропель, нафталиновые и др.); негорючие инертные газы (He, Ar, Kr, Ne), сероводород

# ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОЗЫМЧАК

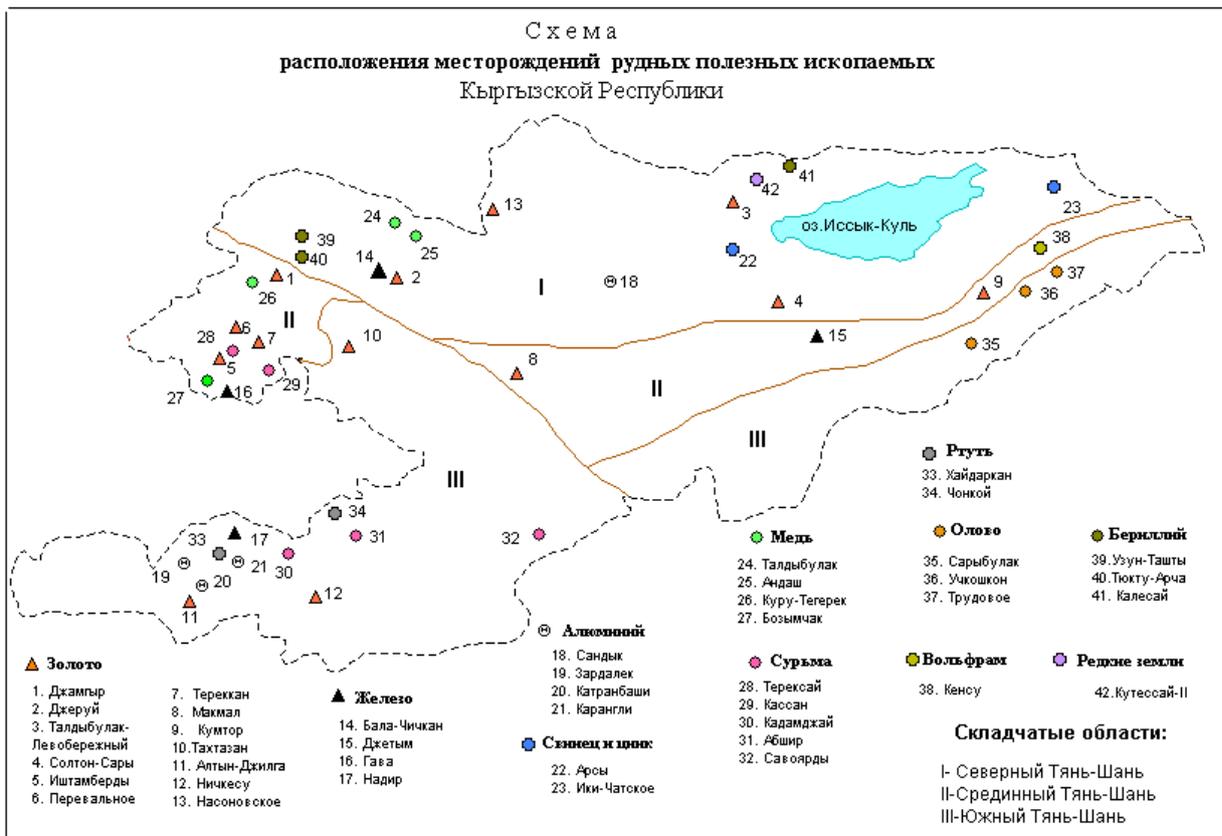


# ПРОДОЛЬНЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ РЕДКОЗЕМЕЛЬНО- ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУТЕССАЙ-II

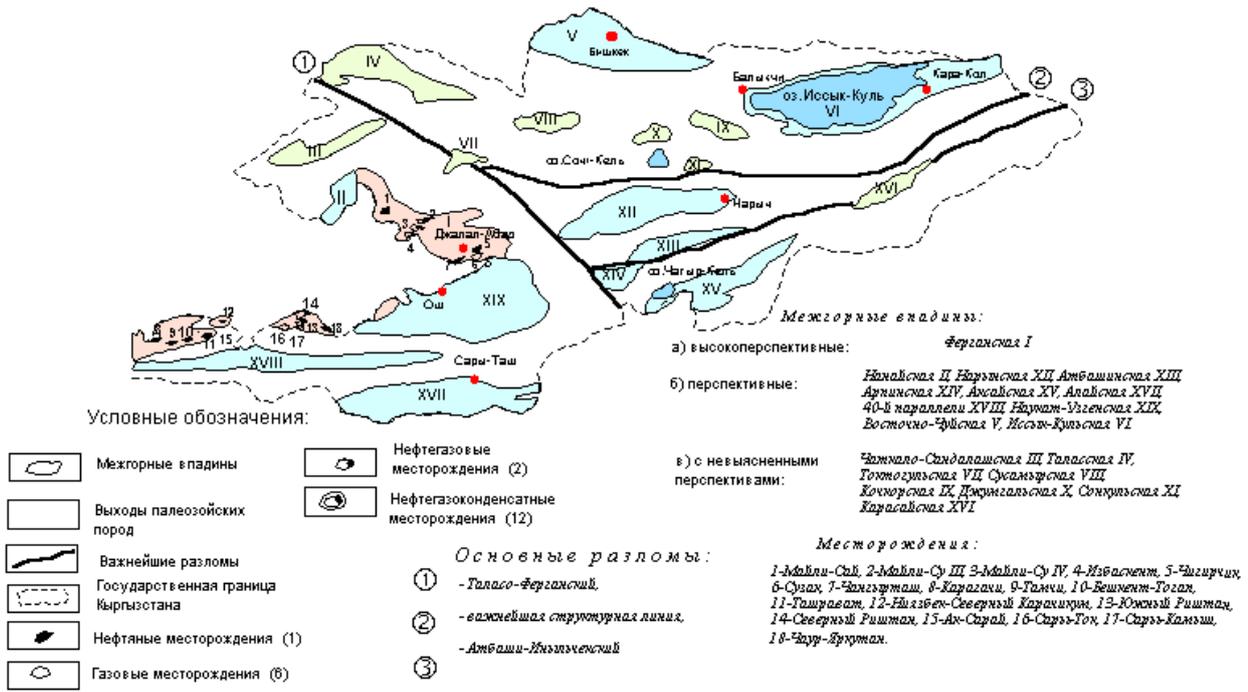


Масштаб 1:1000  
Составили: Малюкова Н.Н., Ким В.Ф., 2005 год

# СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ КЫРГЫЗСТАНА



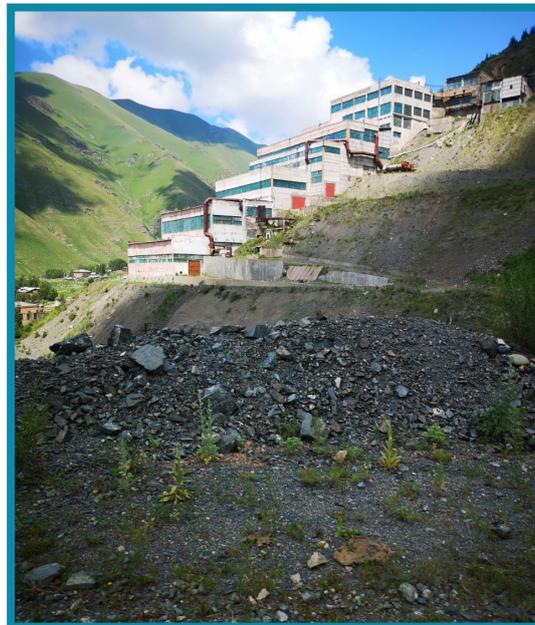
# СХЕМА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КЫРГЫЗСТАНА



## УЧЕБНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА



*Карьер Кутессай-II*



*Актюзская обогатительная фабрика*



*Карьер Кутессай-II*



*Редкоземельное полиметаллическое месторождение Кутессай-II*



*Промывка шлихов (р.Кичи-Кемин)*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бондаренко С.С., Потапов Г.И., Афанасьев С.Л., Лукин В.Н.* Геология: учеб. пособие / под ред. С.С. Бондаренко. М.: Изд-во МГОУ, 2004.
2. *Быстрицкая Л.И.* Учебно-методическое пособие для практических занятий по курсу «Геология». Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 77 с.
3. *Ермолов В.А., Ларичев Л.Н., Мосейкин В.В.* Геология. Основы геологии. М.: Изд-во МГГУ, 2008. Ч. 1. 598 с.
4. *Короновский Н.В., Якушова А.Ф.* Основы геологии. М.: Изд-во МГУ. Геологический факультет, 2002.
5. *Короновский Н.В., Ясаманов Н.Я.* Геология. М.: Изд. центр «Академия», 2003.
6. *Малюкова Н.Н.* Основы кристаллографии и минералогии: учебник. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2018. 275 с.
7. *Малюкова Н.Н., Зубченко Л.И.* Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Геология». Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014.
8. *Мастобаев Б.Н., Китаев С.В., Малюкова Н.Н., Шамсутдинов М.М.* Хранилища углеводородного газа. СПб.: Недра, 2018.
9. *Сергеев М.Б., Сергеева Т.В.* Планета Земля. М., 2000.
10. *Старостин В.И., Игнатов П.А.* Геология полезных ископаемых». М.: Академ. проект, 2004.
11. *Шамшиев О.Ш., Ким В.Ф.* Геология горючих полезных ископаемых. Бишкек, 2005.

### Дополнительная литература

1. *Горшков Г.П., Якушова А.Ф.* Общая геология. М.: Изд-во МГУ, 1974.
2. *Ермолов В.А. и др.* Кристаллография, минералогия и геология камнесамоцветного сырья: учеб. пособие. М.: Изд-во МГГУ, 2009. 408 с.
3. *Кириченко Ю.В., Щекина М.В.* Наука о Земле. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 236 с.
4. *Якушова А.Ф., Хаин В.Е. и др.* Общая геология. М.: МГУ, 1988.

## Перечень информационно-телекоммуникационных ресурсов

1. Горнопромышленный комплекс Кыргызстана. URL: <http://www.welcome.kg> (дата обращения: 01.05.2020).
2. Государственное агентство геологии и недропользования при Министерстве энергетики и промышленности Кыргызской Республики. URL: <http://www.geology.kg>. (дата обращения: 10.03.2020).
3. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: <http://geoinform.ru/monografii-uchebnaya-i-spravochnaya-literatura> (дата обращения: 05.12.2019).
4. Электронный каталог минералов. URL: <http://www.catalogmineralov.ru> (дата обращения: 12.11.2019).

UDC 55  
LBC 26.3  
M 18

**Responsible editor:**

*V.I. Nifadyev*, doctor of engineering science,  
academician of NAS KR

**Reviewers:**

*S.Ph. Usmanov*, doctor of engineering science, professor,  
*A.O. Maralbaev*, candidate of geological and mineralogical sciences, professor,  
*B.D. Moldobekov*, candidate of geological and mineralogical sciences, professor

Published by decision of the Academic Council of KRSU

**Malyukova N.N., Ametova T.K.**

M 18 GEOLOGY: study guide. Part 1 / resp. aditor V.I. Nifadyev. Bishkek: KRSU  
Publishing House, 2021. 181 p. DOI: 10.36979/978-9967-19-808-1-2021.

ISBN 978-9967-19-808-1

The study guide summarizes modern information about the structure and composition of the Earth's crust. The descriptions of endogenous and exogenous geological processes, the most important ore and rock-forming minerals, rocks, tectonic dislocations are given. Theoretical course introduces students to the geology of oil and gas, considers hypotheses of hydrocarbons origin, physical and chemical properties of oil and gas, conditions of formation of deposits and regularities of their location in the Earth's crust. This material contributes to solving urgent problems of mining production and training highly qualified specialists in the field of design and development of mineral deposits.

For students of higher educational institutions, studying in the field of training of diplomate specialists in «Mining». The applicable nature of the Guide makes it useful and intelligible for not only students, Ph. students and teachers, but for specialists of the mining and geological survey.

УДК 55  
ББК 26.3

ISBN 978-9967-19-808-1

© SEIHVE KRSU, 2021  
© N.N. Malyukova, T.K. Ametova, 2021

# CONTENTS

INTRODUCTION.....	6
REQUIREMENTS FOR THE LEVEL OF MASTERING DISCIPLINE.....	8
<b>Part I GEOLOGY</b> .....	10
Theme 1 Planet Earth in outer space .....	13
Theme 2 Geochronology.....	22
Theme 3 Processes of mineral and rock formation .....	27
Theme 4 Mineral composition of mineral deposits .....	34
Theme 5 Geological Processes.....	36
Theme 6 Oil and gas in the bowels of the Earth .....	54
<b>Part II MINERALOGY</b> .....	63
Theme 7 Physical Properties of Minerals.....	63
Theme 8 Morphology of Mineral Units.....	70
Theme 9 Minerals Classification .....	73
Theme 10 Native elements.....	74
Theme 11 Oxides and hydroxides .....	85
Theme 12 Carbonates, haloids, sulfates, tungstenates, phosphates.....	91
Theme 13 Class of Silicates .....	99
Theme 14 Mineral Resources of the Earth.....	108
<b>Part III PETROGRAPHY</b> .....	112
Theme 15 Magmatic Rocks .....	112
Theme 16 Sedimentary rocks .....	117
Theme 17 Metamorphic rocks .....	120
Theme 18 Kaustobiolity.....	123
<b>Part IV TECTONICS</b> .....	126
Theme 19 Tectonic dislocations .....	126
Theme 20 Geological documentation .....	129
Theme 21 Mountain Compass .....	132
CONCLUSION.....	135
DEMONSTRATION TEST OPTIONS .....	137
THE LIST AND SUBJECT OF WRITTEN INDEPENDENT WORKS .....	143
GLOSSARY OF GEOLOGICAL TERMS .....	146
NOTATION KEYS .....	163
APPENDICES .....	164
THE LIST OF USED AND RECOMMENDED LITERATURE.....	176
REVIEWERS .....	178
CONTENTS .....	179
INTRODUCTION.....	180
CONCLUSION.....	181
THE LIST OF USED AND RECOMMENDED LITERATURE.....	182

## INTRODUCTION

The main purpose of the Geology course is to develop students' understanding of the composition, structure and patterns of the development of the earth's crust as a geological environment of mountain production and prepare them for the perception and study of subsequent disciplines of natural science and professional cycles.

**Geology** (Greek «*geo*» – earth, «*logo*» – teaching) – one of the most important sciences about the Earth. Modern geology uses the latest advances and methods of a number of natural sciences: mathematics, physics, chemistry, biology, geography. Significant progress in these fields of science and geology was marked by the emergence and development of important border sciences about the Earth: geophysics, geochemistry, biogeochemistry, crystallochemistry, paleogeography, paleomorphology, allowing to obtain data on composition, state and properties of the deep parts of the Earth's crust and the shells of the Earth below. Particularly noteworthy is the multifaceted connection of geology with geography (landscape studies, geomorphology, climatology, hydrology, glaciology, oceanography) in the cognition of various geological processes taking place on the surface of the earth.

Geology is the basis of knowledge about the «stone book» of the Earth – the Earth's crust. The Earth is not frozen in immeasurable space round cobblestone, stratified, like a bulb, and hierarchically heterogeneous at all large levels mobile self-organizing system, riddled with fluids. Oil and gas are a natural product of its development.

The substance of the earth's crust has different states – solid, liquid, gaseous, often in one place you can meet them all at once. The substance of the Earth's crust geologist sees in the form of minerals, rocks, which by human use can be divided into ore, non-mining minerals, construction, cladding, jewelry, ornamental stones, energy resources in the form of combustible minerals: oil, gas, coal, peat, etc.

All that is needed for the life support of humans, animals, plants, give the bowels of the Earth – it is enough to remember such minerals as water, galite, sulfur, plaster and other well-known minerals.

A qualified mining engineer must be well-versed in the world of minerals and rocks in order to develop mineral deposits in the most reasonable way.

We all live on a mobile developing planet, all elements of which are connected. Man also plays a special role in the Earth system. Humanity is embedded in the geosystem and is an important link of it, and may be a goal. As A. de Saint-Exupery wrote, «The Earth helps us to understand ourselves like no books.»<sup>1</sup>

The Geology training manual is comprehensive and includes a number of disciplines: mineralogy, crystallography, geology, petrography, tectonics, oil and gas geology.

## CONCLUSION

So, we finished the study of the course «Geology.» This is a comprehensive course, including such disciplines as: geology, geology of oil and gas, mineralogy, crystallography, petrography, tectonics, mineral resources. We got acquainted with the most important geological processes, tectonics, geochronology, studied about 80 most common ore-forming, rock-forming minerals and rocks. It is now established that about 5,000 different minerals and their varieties and rocks are involved in the structure of the Earth's crust.

For future mining engineers, the knowledge of minerals and rocks is an alphabet for studying geology, minerals and many other special disciplines. It follows that the assimilation of the fundamental material of the course of geology will ensure the further success of the search, exploration and development of mineral deposits. A qualified mining engineer must be well-versed in the world of minerals and rocks in order to develop mineral deposits in the most reasonable way.

The course «Geology» discusses the main issues that shape our understanding of modern geology. This paper lists important aspects that are necessary not only for a mining engineer to develop solid minerals, but also for oil and gas industry specialists. Without knowledge of geology, it is impossible to provide training for highly qualified specialists in the design and development of mineral deposits, the construction of roads in mountain conditions, the creation of dams and dams by the method of directional explosion, as well as the development of scientific research in this area.

In recent decades, geology has undergone a fundamental revision of basic ideas, new directions of science are born, ideas about the deep structure of the Earth, phase transitions of matter at various levels are clarified, the physical properties of the planet are deeply studied, the drift of magnetic poles is established, and the change of polarity of the magnetic field in time, the magnitude of the thermal flow on the continents and oceans have been revealed. Cosmology has also made its own adjustments. Geophysical and geochemical methods have been significantly developed.

Modern geology makes extensive use of the achievements of mathematics, physics, chemistry, which led to a huge qualitative shift in the sciences of the Earth. At the same time, many geological problems are waiting for further development. Their solution will create a single modern theory of the Earth: its origin, history of development, structure and composition.

The tutorial is a summary of Earth science – geology and we have covered only a small part. Every page, each section can be turned into a whole book and not one. The deeper you get into this insanely complex and wonderfully harmonious earthly world, the clearer you realize how incomprehensible and mysterious it is.

The stone pages of the Earth keep in themselves many mysteries and mysteries...!

## THE LIST OF USED AND RECOMMENDED LITERATURE

1. *Bondarenko S.S., Potapov G.I., Afanasyev S.L., Lukin V.N.* Geology: study guide / ed. S.S. Bondarenko. M.: MSOU, 2004.
2. *Bystritskaya L.I.* Training and methodological manual for practical lessons on the course «Geology.» Tomsk: TPU, 2007. 77 p.
3. *Ermolov V.A., Larichev L.N., Moseikin V.V.* Geology. Basics of Geology. M.: MSU, 2008.
4. *Koronovsky N.V., Yakushova A.F.* Basics of Geology. M.: MSU Editing. Geology Faculty, 2002.
5. *Koronovsky N.V., Yasamanov N.Y.* Geology. M.: Academy Publishing Center, 2003.
6. *Malyukova N.N.* Basics of crystallography and mineralogy: textbook. Published: Bishkek: KRSU, 2018. 275 p.
7. *Malyukova N.N., L.I. Dzubchenko.* Methodical instructions for laboratory classes on the course «Geology»: Bishkek, KRSU, 2014.
8. *Mastobayev B.N., Kitaev S.V., Malyukov N.N., Shamsutdinov M.M.* Hydrocarbon Gas Warehouse. St. Petersburg Nedra, 2018.
9. *Sergeyev M.B., Sergeyeva T.V.* Planet Earth. M., 2000.
10. *Starostin V.I., Ignatov P.A.* Geology of Minerals.
11. *Shamshiev O.S., Kim V.F.* Geology of Fossil Minerals.

### Additional literature

1. *Gorshkov G.P., Yakushova A.F.* General Geology. M.: MSU, 1974.
2. *Yakushova A.F., Hain V.E., etc.* General Geology. M.: MSU, 1988.
3. *Kirichenko Y.V., Shchetina M.V.* Earth science. M.: Moscow State University, 2005. 236.
4. *Ermolov V.A., etc.* Crystallography, Mineralogy and Geology of Stone-Colored Raw Materials: Study. M.: Moscow State University, 2009. 408 p.

### List of information and telecommunication resources

1. Mining complex of Kyrgyzstan. URL: <http://www.welcome.kg> (date of access: 01.05.2020).

2. State Agency for Geology and Subsoil Use under the Ministry of Energy and Industry of the Kyrgyz Republic. URL: <http://www.geology.kg>. (date of access: 10.03.2020).
3. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. URL: <http://geoinform.ru/monografii-uchebnaya-i-spravochnaya-literatura> (date of access: 05.12.2019).
4. Electronic catalog of minerals. URL: <http://www.catalogmineralov.ru> (date accessed: 12.11.2019).



**Наталья Николаевна Малюкова  
Тахмина Кадыровна Аметова**

**ГЕОЛОГИЯ**  
Часть 1  
Учебное пособие

Редактор И.С. Волоскова  
Компьютерная верстка А.Ш. Мельниковой

Подписано в печать 30.11.2021  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Печать офсетная.  
Объем 23,0 п.л. Тираж 500 экз. Заказ 21.

Издательство КРСУ  
720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в ИП К.А. Мельников  
720040, г. Бишкек, пер. Урючный, 13.