

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н. Н. Цветкова

ГЕОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
05.03.06 – Экология и природопользование

Калининград
2023

УДК 579.2

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и
аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» Е. А. Масюткина

Цветкова, Н. Н. Геология: учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторных работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 05.03.06 – Экология и природопользование / **Н. Н. Цветкова.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 139 с.

В учебно-методическом пособии представлены учебно-методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геология», включающие план проведения занятий, используемое оборудование и материалы, алгоритм проведения и обработки опытных данных, формы отчетов по лабораторным занятиям.

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» университет» «24» ноября 2023 г., протокол № 19

УДК 579.2

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
© Цветкова Н.Н., 2023 г.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа № 1. Внешний вид (морфология) минералов.	5
Лабораторная работа № 2. Основы кристаллографии.....	9
Лабораторная работа № 3. Физико-диагностические свойства минералов. Определение минералов по внешним признакам.....	17
Лабораторная работа № 4. Характеристика важнейших минералов различных кристаллохимических классов.....	32
Лабораторная работа № 5. Изучение магматических горных пород.	65
Лабораторная работа № 6. Изучение осадочных горных пород	93
Лабораторная работа № 7. Изучение метаморфических горных пород.....	118
Лабораторная работа № 8. Определение вида горной породы	131
Лабораторная работа № 9. Геология и минеральные ресурсы Калининградской области	134
Литература	136

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ разработано для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование (для очной формы обучения) по дисциплине «Геология», входящей в математический и естественнонаучный модуль обязательной части образовательной программы.

Цель освоения студентами дисциплины «Геология» состоит в формировании определенных знаний о геологических особенностях земной коры, необходимых для:

- оценки геологических природных ресурсов с точки зрения охраны окружающей среды;
- раскрытия научно-обоснованного подхода к сбору и использованию геологической информации при решении экологических проблем регионов России и Калининградской области;
- грамотного контроля над состоянием геологической среды при ее эксплуатации.

Задачи дисциплины:

- изучение состава и строения Земли и земной коры;
- изучение геологических процессов;
- изучение развития земной коры во времени;
- изучение этапов геологической истории земной коры;
- изучение эволюции органического мира прошлого;
- изучение стратиграфической шкалы;
- изучение геологической деятельности человека и охраны геологической среды

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- фундаментальные разделы общей геологии специфику состава и строения Земли и земной коры, эволюции органического мира прошлого;

Уметь:

- использовать фундаментальные разделы общей геологии в области экологии и природопользования, организовать сбор необходимой геологической информации и грамотно её использовать для охраны геологической среды.

Владеть:

- современными методами научных геологических изысканий, методиками геолого-химического анализа и полевых геологических наблюдений, необходимых для проведения научных исследований в области экологии и природопользования, а также методами контроля над состоянием окружающей геологической среды.

В результате прохождения лабораторных работ у студентов формируются базовые умения и навыки в области методологии полевых и лабораторных геологических наблюдений, анализу геологических картографических материалов, составлению на их основе описаний и характеристики экологического состоя-

ния исследуемых территорий, самостоятельной работе со специальной научной литературой, осуществлению поиска и анализу технической информации и документации в области охраны геологической среды.

Лабораторные работы по дисциплине Геология проводятся в специализированной лаборатории, отвечающей соответствующим требованиям. Выполнение работ осуществляется при строгом соблюдении правил техники безопасности.

Лабораторная работа № 1. Внешний вид (морфология) минералов.

Цель работы – изучить основные варианты нахождения минералов в природе.

Приборы и материалы

Учебные коллекции минералов и горных пород, коллекция картонных моделей простых форм кристаллов, тетрадь для лабораторных работ, ластик, простой и цветные карандаши, шариковая ручка с черными и синими чернилами.

Общие сведения

Минералогия — наука о минералах, изучающая их физические свойства, химический состав, условия образования и распространения в природе, а также возможность использования в промышленности.

Минералы – природные химические соединения или самородные элементы, возникшие в результате разнообразных физико-химических процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности.

Бывают: твердые, жидкие, газообразные (известно по разным оценкам около 4000 видов.)

Минералы встречаются совместно, группами, образуя естественные скопления – горные породы.

Горная порода – это природные агрегаты минералов более или менее постоянного состава и строения, образующие самостоятельные геологические тела. Наука о горных породах – петрография.

Минералы и горные породы, которые человек извлекает из недр Земли и использует – полезные ископаемые.

Руда - природное минеральное образование с таким содержанием металлов или полезных минералов, которое обеспечивает экономическую целесообразность их извлечения из недр Земли.

Твердые минералы встречаются в виде:

1. Кристаллических веществ (кристаллов). Это твердые тела, атомы или молекулы которых занимают упорядоченные положения в пространстве.

Частицы кристаллических тел образуют в пространстве правильную кристаллическую пространственную решетку.

Каждому химическому веществу, находящемуся в кристаллическом состоянии, соответствует определенная кристаллическая решетка, которая задает физические свойства кристалла.

2. Аморфных (стеклообразных) веществ, характеризующихся отсутствием кристаллического строения. Образуют бесформенные массы (например, янтарь, жемчуг – биогенные образования). Они подобны жидкостям или расплавам. Физические свойства изотропны, то есть одинаковы во всех направлениях. При нагревании аморфные вещества не плавятся, а размягчаются.

Кроме явно кристаллических веществ, в земной коре распространены скрытокристаллические вещества, к числу которых относятся коллоиды.

Коллоиды – разнородные дисперсные системы, состоящие из дисперсной среды и дисперсной фазы. Среди коллоидов различают золи – в которых дис-

персная среда преобладает над дисперсной фазой и гели, в которых, наоборот, преобладает дисперсная фаза.

Примером зелей могут служить железистые воды, гелей – лимонит, опал, бирюза.

Потерявшие с течением времени воду гели подвергаются перекристаллизации, при этом часто возникают радиально-лучистые, зернистые или волокнистые агрегаты, которые называют метаколлоидами. Твердые коллоиды представляют собой скрытокристаллические вещества.

Свойства кристаллических веществ.

1. Способность к самоограничению, то есть способность образовывать кристаллы.

Каждому минералу присуща своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей в решетке, химического состава и условий образования кристалла. Например, кристаллы каменной соли имеют форму куба, берилла – форму шестигранной призмы, форма кристалла граната - тетрагонтриоктаэдр.

2. Анизотропность (неравносвойственность) – в зависимости от направления в кристалле меняются свойства: механические, оптические, термические, химические, электрические. У кристаллических веществ прочность (сцепление) в различных направлениях различна, обусловленная внутренним размещением атомов и ионов. Так, некоторые минералы легче раскалываются в одних направлениях и с большим трудом – в других.

Изменение оптических свойств в зависимости от направления особенно хорошо наблюдается в кристалле исландского шпата – прозрачного кальцита. Изображения, рассматриваемые через него, удваиваются. Луч света в кристалле, благодаря анизотропии разделяется на два луча, распространяющихся во взаимно перпендикулярных направлениях и с разной скоростью – двулучепреломление.

3. Однородность кристаллического вещества. Любая частица кристалла данного вещества имеет тот же химический состав, что и целый кристалл, и такое же внутреннее строение.

Эта особенность кристаллического вещества имеет большое практическое значение – с целью получения химически чистого вещества его кристаллизуют, различные примеси при этом остаются в растворе.

Внутреннее строение кристаллов.

Кристаллы отличаются от аморфных тел тем, что атомы и ионы в кристаллах расположены закономерно, в определенном порядке и образуют так называемую кристаллическую решетку.

У каждого минерала наблюдается кристаллическая решетка определенной формы.

Теория пространственных решеток впервые была разработана Е.С. Федоровым. В конце XIX века он создал учение о симметрии кристаллов и вывел 230 ее видов (все возможные сочетания элементов симметрии для кристаллических решеток).

Различают три типа кристаллических решеток.

1. Атомный – в узлах решетки расположены атомы, например алмаз.
2. Ионный – в узлах решетки расположены ионы, например галит, сильвин.
3. Молекулярный – в узлах решетки расположены молекулы, такая решетка присуща органическим соединениям (сахар, лимонная кислота).

Формы нахождения минералов в природе разнообразны и зависят от условий образования. Это либо отдельные кристаллы или их закономерные сростки (двойники), либо четко обособленные минеральные скопления, либо, чаще, скопления минеральных зерен - минеральные агрегаты.

Всё разнообразие существующих форм кристаллов можно подразделить на три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом:

1. Изометричные формы – имеющие близкие размеры во всех направлениях: кубы (галенит, пирит), тетраэдры (сфалерит), октаэдры (магнетит, пиррохлор), ромбододекаэдры (гранат) и др.

2. Вытянутые в одном направлении формы – призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые, лучистые кристаллы (турмалин, берилл, пироксен, амфибол, рутил и др.).

3. Вытянутые в двух направлениях (уплощенные) – таблитчатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые (слюда, хлорит, молибденит, графит и др.).

Среди обособленных минеральных скоплений наиболее часто встречаются друзы, представляющие скопления кристаллов, приросших к стенкам пещер или трещин. Секреции – результат постепенного заполнения ограниченных пустот минеральным веществом, отлагающимся на их стенках. Они имеют концентрическое строение, отражающее стадийность формирования. Мелкие секреции называются миндалинами, крупные - жеодами. Конкреции - более или менее округлые образования, возникшие путем осаждения минерального вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации. С этим часто связано концентрическое или радиально-лучистое строение конкреций. При быстрой кристаллизации в тонких трещинах или вязком веществе (например, в глине) возникают формы, напоминающие веточки дерева – дендриты. Мелкие округлые образования обычно концентрического строения называются оолитами. Их возникновение связано с выпадением минерального вещества в подвижной водной среде. Натечные образования, осложняющие поверхности пустот, возникают при кристаллизации минерального вещества из просачивающихся подземных вод. Натёки, свисающие со сводов пустот, называются сталактитами, растущие вверх со дна пещер - сталагмитами. На поверхности трещин могут развиваться плоские минеральные пленки, имеющие разное строение.

Явление полиморфизма выражается в том, что в природе встречаются минералы одного и того же химического состава, кристаллизующиеся в разных кристаллических формах. Это объясняется различной формой кристаллических решеток при одинаковом химическом составе. Например, графит и алмаз.

Полиморфные минералы: пирит (FeS_2) – кристаллизуется в сингонии кубической, марказит (FeS_2) – в ромбической, кальцит (CaCO_3) – в тригональной, арагонит (CaCO_3) – в ромбической.

В природе можно встретить минералы одной и той же кристаллической формы, но с переменным химическим составом. Это явление, при котором в кристаллической решетке какого-либо вещества допускается замена одних ионов, например, железа (Fe^{2+}) ионами другого вещества (Ca^{2+}) без изменения основной формы кристаллической решетки, называется изоморфизмом.

Натрий и калий имеют одинаковый заряд (+1) и относительно крупные размеры. Натрий и калий могут замещать друг друга в структуре некоторых минералов. Формула полевого шпата микроклина KAlSi_3O_8 . Если кристаллизация микроклина происходила в присутствии богатого натрием флюида, часть ионов калия в структуре этого минерала могла замещаться ионами натрия. чисто натровая разновидность щелочного полевого шпата называется альбитом – $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$.

Некоторые минералы встречаются в кристаллических формах, не присущих данному соединению и дают кристаллы нехарактерной для данного соединения формы – ложные формы или псевдоморфозы.

Различают два вида псевдоморфоз:

1. псевдоморфозы превращения, 2. псевдоморфозы вытеснения.

Псевдоморфозы превращения характеризуются тем, что вещественный состав одного минерала заменяется вещественным составом другого минерала, причем сохраняется часть химических элементов, входящих в состав первого минерала. Часто наблюдаются псевдоморфозы лимонита по пириту и по сидериту.

Лимонит – минерал аморфный, но иногда встречается в виде хорошо образованных кристаллов, которые являются для лимонита ложными. Образование их объясняется тем, что пирит и сидерит в поверхностных условиях легко химически видоизменяются и постепенно превращаются в лимонит. Таким образом, химический состав пирита и сидерита меняется, хотя внешняя форма кристаллов, типичная для пирита и сидерита, сохраняется.

Псевдоморфозы вытеснения отличаются тем, что вещественный состав одного минерала полностью замещается вещественным составом другого минерала.

Такие растворимые в воде минералы, как гипс, кальцит, под действием циркулирующих вод могут выноситься в растворенном виде. Остающаяся на месте кристалла пустота в дальнейшем может быть заполнена другим минералом, например, халцедоном.

Так возникают псевдоморфозы халцедона, кварца по кальциту и по гипсу. Окаменелое дерево, например, представляет собой псевдоморфозу вытеснения. Органическое вещество дерева разлагается, вымывается и замещается минеральными соединениями (халцедоном, опалом). Форма органической ткани сохраняется, хотя вещественный состав меняется. Также встречаются псевдоморфозы по раковинам морских животных.

Ход работы

1. Изучить образцы минеральных видов из коллекций минералов и горных пород. Определить их морфологическую форму.

2. Заполнить ведомость морфологических особенностей минералов по образцу табл. 1. Запомнить основные морфологические особенности изученных кристаллов.

Таблица 1 – Морфологические особенности минералов

Название минерального образца	Химическая формула	Морфологическая форма	Габитус кристалла	Характерные признаки	Графическое изображение
Аметист					
Горный хрусталь					
Кварц					
Кальцит					
Пирит					
Галит					
Малахит					
Мусковит					

Форма отчетности

Заполненная в тетради для лабораторных работ табл. 1. Устное собеседование, тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое минерал?
2. Перечислите основные свойства кристаллических веществ.
3. Какая форма называется минеральным агрегатом?
4. Что такое габитус кристалла?
5. Какие существуют агрегаты минералов?
6. В чем заключается отличие конкреций от секретий?
7. Что такое псевдоморфоза и как она образуется?

Лабораторная работа № 2. Основы кристаллографии.

Цель работы – изучить основные положения кристаллографии, получить навык описания кристаллов, определять и показывать элементы симметрии кристаллов.

Приборы и материалы

Природные крупные кристаллы-индивиды, коллекция картонных моделей простых форм кристаллов. Тетрадь для лабораторных работ, ластик, простой и цветные карандаши, шариковая ручка.

Общие сведения

Кристаллография – наука о кристаллах. Она изучает форму, внутреннее строение, происхождение и свойства кристаллических веществ.

Кристаллическое строение минералов выражено в их геометрически правильной многогранной форме.

Минералы, имеющие кристаллическое строение, характеризуются правильным, упорядоченным расположением составляющих их материальных частиц: атомов, ионов и молекул. Такое упорядоченное расположение в пространстве атомов, ионов, молекул образует структуру кристаллов, или их кристаллическую (пространственную) решетку.

Кристаллическое вещество имеет строго закономерное внутреннее строение. Таким образом, кристаллами называются твердые тела в виде многогранников, в которых слагающие их частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены закономерно.

Для формирования кристаллической структуры минералов большое значение имеют физико-химические и термодинамические условия. Структура вещества, т.е. расположение атомов в данном веществе, при сходных термодинамических условиях всегда одинакова. При различных условиях могут образовываться из одного и того же вещества различные формы кристаллов, например: кварц при высокой температуре кристаллизуется в гексагональной сингонии, низкотемпературный кварц кристаллизуется в тригональной сингонии.

Поверхность кристаллов ограничена плоскостями, которые называются гранями (Рисунок 1). Места соединения граней называются ребрами, точки пересечения ребер называются вершинами. Углы между гранями называются гранными углами. Грани, ребра и вершины называются элементами ограничения кристаллов.

Грани кристаллов соответствуют плоским сеткам пространственной решетки, ребра – рядам и вершины углов – узлам пространственной решетки. Пространственная решетка имеет бесконечное множество плоских сеток, рядов и узлов.

В природе хорошо ограненные кристаллы встречаются сравнительно редко. В большинстве случаев кристаллические вещества не имеют геометрически правильной многогранной формы, хотя и обладают закономерным внутренним кристаллическим строением.

Все важнейшие свойства кристаллических веществ являются следствием их внутреннего закономерного строения.

1. Анизотропность («неравносвойственность»). Анизотропными называются такие тела, которые имеют одинаковые физические свойства в параллельных направлениях и неодинаковые свойства в непараллельных направлениях. Кристаллическое вещество всегда анизотропно. Анизотропность объясняется различными электронными и атомными связями по разным кристаллографическим направлениям.

2. Способность самоограняться, или свойство самоогранения, т.е. способность образовывать кристаллы. При свободном росте кристаллы ограничиваются плоскими гранями и прямыми ребрами, принимая многогранную форму. Для каждого минерала характерна своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей решетки, химического состава и условий его образования.

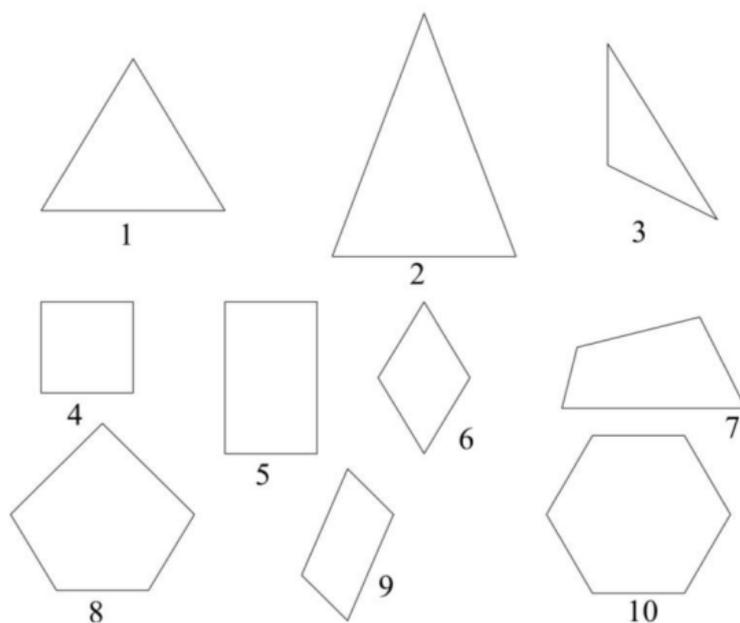


Рисунок 1 – Типы граней кристалла: 1 – тригон, 2 – дельта, 3 – скалена, 4 – тетрагон, 5 – призматическая грань, 6 – ромб, 7 – трапециод, 8 – пентагон, 9 – ромбоид, 10 – гексагон

3. Одним из важнейших положений кристаллографии является закон постоянства граничных углов: кристаллы одного и того же минерала могут иметь разную форму, величину и число граней, но углы между соответствующими гранями будут равны и постоянны.

При благоприятных условиях притока однородного вещества к растущему кристаллу он развивается в правильный многогранник. В природе такие условия наблюдаются редко, поэтому кристаллы имеют искаженные формы. Благодаря тому, что углы между соответствующими гранями у кристаллов одного и того же минерала постоянны, удается установить истинную форму кристаллов, даже изучая искаженные формы.

Закон постоянства граничных углов установлен в 1669 г. датским ученым Н. Стено (1638–1687 гг.) на кристаллах железного блеска и горного хрусталя, в 1763 г. закон был подтвержден М.В. Ломоносовым, а в 1772 г. – французским ученым Роме де Лиллем (1736–1790 гг.).

4. У идеально образованных кристаллов наблюдается симметрия. Симметрия – закономерность в расположении элементов ограничения кристалла, выражающаяся в повторяемости его частей при вращении.

Центр симметрии (С) – воображаемая точка, расположенная внутри кристалла, в которой пересекаются и делятся пополам линии, соединяющие соответствующие точки на поверхности кристалла. На равных расстояниях от точки симметрии в противоположных направлениях расположены одинаковые элементы ограничения кристалла (границы, вершины) (Рисунок 2). Центр симметрии у кристалла может быть только один, или его нет совсем

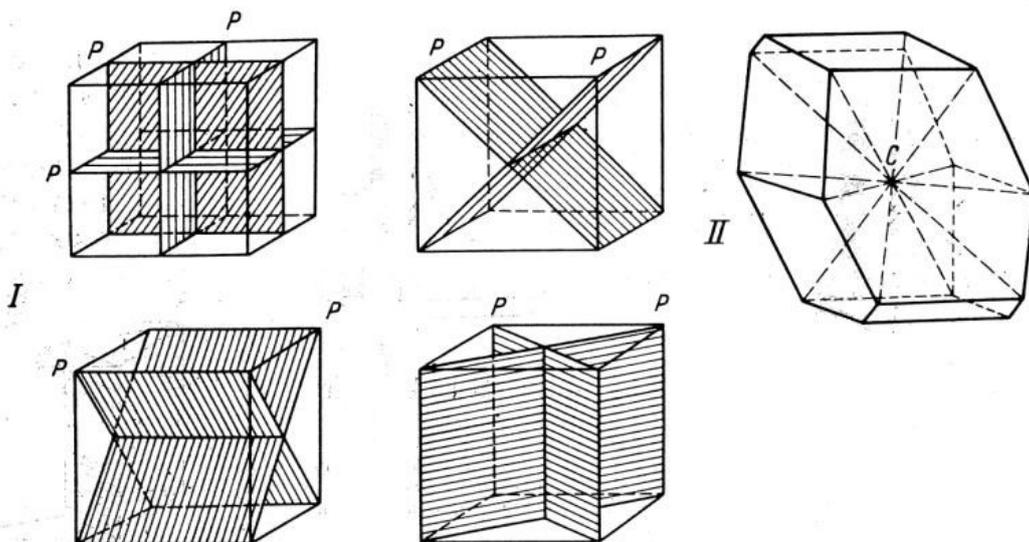


Рисунок 2 – I – плоскости симметрии в кубе; II – центр симметрии

Плоскость симметрии (P) – мысленно проведенная плоскость, которая делит кристаллы на две зеркально равные части. В кристаллах могут быть 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 9 плоскостей симметрии. Восьми и более девяти плоскостей симметрии в кристаллах быть не может. Многие кристаллы вообще не имеют ни одной плоскости симметрии. Например, в кубе выделяют девять плоскостей симметрии (Рисунок 2).

Ось симметрии (L) – прямая линия, при повороте вокруг которой всегда на один и тот же угол все части кристалла симметрично повторяются n раз.

Число n , показывающее, сколько раз при повороте на 360° вокруг оси кристалл может совмещаться с исходным положением, называется порядком и обозначается цифрой, которая ставится вверху справа от L. При повороте на 360° совмещение граней в кристаллах возможно 2, 3, 4 или 6 раз (т.е. при каждом повороте на 180° , 120° , 90° и 60°). Число n всегда целое. В кристаллах возможны оси второго L^2 , третьего L^3 , четвертого L^4 и шестого L^6 порядков. Оси симметрии L^2 называются осями низшего порядка. Оси симметрии L^3 , L^4 , L^6 называются осями высшего порядка. Оси симметрии пятого и выше шестого порядка в силу закономерностей внутреннего строения кристаллов невозможны.

Во внешней симметрии кристаллов отражается правильность их внутреннего строения. Кристаллы часто кажутся несимметричными. Это зависит от условий их роста. Для того чтобы обнаружить симметрию кристалла, необходимо измерить его углы. Измеряются углы при помощи гониометра (угломера).

В настоящее время по степени симметрии кристаллы делят на кристаллографические классы, или виды, симметрии.

К одному классу относятся кристаллы с одинаковым набором элементов симметрии. Такое распределение по классам и системам значительно облегчает описание и изучение кристаллов, давая возможность по признакам симметрии заранее предсказать многие его свойства.

В кристаллах наблюдается строго определенная комбинация элементов симметрии. Русский ученый А.В. Гадолин в 1869 г. установил, что в кристаллах возможны 32 комбинации элементов симметрии. Эти 32 комбинации называют кристаллографическими классами, или видами симметрии.

Все виды, или классы, симметрии группируются условно по степени сложности в семь крупных групп, или систем, называемых сингониями (от греч. «син» – сходный и «гония» – угол). Среди них выделяются разновидности низших, средних и высших сингоний (Таблица 2).

Таблица 2 – Классификация видов симметрии

Категория	Сингония	Класс симметрии	Формула	Характеристика	
1	2	3	4	5	
Низшая	Триклинная	Моноклинный	L^1	К триклинной сингонии относятся наименее симметричные кристаллы. Из возможных элементов симметрии наблюдается только центр симметрии (С) или эти элементы отсутствуют	
		Пинакоидальный	С		
	Моноклинная	Диэдрический безосный	Р	К моноклинной сингонии относятся кристаллы, которые имеют или одну плоскость симметрии (Р), или одну ось второго порядка (L^2), или и ту и другую вместе в сочетании с центром симметрии	
		Диэдрический осевой	L^2		
		Призматический	L^2PC		
	Ромбическая	Ромботетраэдрический	$3L^2$	К ромбической сингонии относятся кристаллы, имеющие одну или три оси второго порядка и две или три перпендикулярные им плоскости симметрии, а также кристаллы с тремя осями второго порядка без плоскости симметрии. В поперечном сечении они имеют форму ромба	
		Ромбопиримидальный	L^22P		
		Ромбодипиримидальный	$3L^23PC$		
	Средняя	Тетра-	Тетрагональнопиримидальный	L^4	Кристаллы средней категории одинаково развиты по двум (или трем) кристаллографическим
			Тетрагональнодипиримидальный	L^44PC	
			Дитетрагональнопиримидальный	L^44P	
			Дитетрагональнодипиримидальный	L^44L^25PC	

Категория	Сингония	Класс симметрии	Формула	Характеристика		
1	2	3	4	5		
		Тетрагональнотрапецоэдрический	L^4L^2	осям, лежащим в одной плоскости. Вдоль третьей оси, расположенной перпендикулярно к двум (или трем) первым, кристаллы развиты больше или меньше. Поэтому кристаллы средней категории имеют столбчатый, шестоватый, игольчатый или таблитчатый, листоватый, пластинчатый облик. Кристаллы тетрагональной и тригональной сингонии имеют соответственно четырехугольное и треугольное поперечное сечение. Кристаллы гексагональной сингонии обычно имеют шестиугольное поперечное сечение		
		Тетрагональнотетраэдрический	L^4			
		Тетрагональноскаленоэдрический	L^33L^23PC			
		Тетрагональнопирамидальный	L^3			
	Тригональная	Дитригональнопирамидальный	L^33P			
		Ромбоэдрический	L^3C			
		Тригональнотрапецоэдрический	L^33L^2			
		Дитригональноскалеоэдрический	$L^33L^24PL^63L^23P$			
		Тригональнодипирамидальный	L^3P			
	Гексагональная	Дитригональнодипирамидальный	L^33L^24P			
		Гексагональнопирамидальный	L^6			
		Гексагональнодипирамидальный	L^6PC			
		Дигексогональнодипирамидальный	L^66L^27PC			
		Гексагональнотрапецоэдрический	L^66L^2			
	Высшая	Кубическая	Тритетраэдрический		$3L^24L^3$	Кубическая сингония характеризуется высшим сочетанием элементов симметрии. Здесь объединяются наиболее симметричные изометричные кристаллы
			Дидодекаэдрический		$3L^24L^33PC$	
Гексатетраэдрический			$3L^24L^36P$			
Триоктаэдрический			$3L^44L^36L^2$			

Формой кристалла называют совокупность всех его граней. Природные многогранники – кристаллы – могут быть представлены в виде простых форм или их комбинаций. Совокупность граней, которая может быть получена из исходной грани при действии всех элементов симметрии данного кристалла, называется простой формой. Простая форма – это такая фигура в кристалле, все грани которой при равномерном развитии по размеру и форме одинаковы. Существует 47 простых форм (Рисунок 3). Каждая из них характеризуется количеством, формой и расположением граней. Для того чтобы различать на кристаллах простые формы, необходимо знать общее правило: сколько на равномерно развитом кристалле разных граней, столько будет и простых форм.



Рисунок 3 – Простые формы кристаллов

Для понимания названий простых форм следует знать некоторые греческие слова, от которых происходят эти названия: «эдра» – грань, «гония» – угол, «син» – сходный, «клинэ» – наклон, наклоняю, «пинакс» – доска, «поли» – много, «моно» – одно, один, «ди» – два, дважды, «три» – три, трижды, «тетра» – четыре, четырежды, «пента» – пять, «гекса» – шесть, «окта» – восемь, «дека» – десять, «додока» – двенадцать, «скалена» – кривой, неровный.

Моноэдр – простая форма, состоящая из одной грани. Пинакоид состоит из двух параллельных граней. Диэдр, как простая форма, представляет собой две равные пересекающиеся грани. Например, скаленоэдр является простой формой, состоящей из равных разносторонних треугольников. Скаленоэдры встречаются только в тригональной и тетрагональной сингониях.

Куб (гексаэдр) представляет собой шесть попарно параллельных квадратных граней. Если каждую грань заменить четырьмя треугольными гранями, то получится простая форма, которая называется тетрагексаэдр.

Простые формы могут замыкать и не замыкать пространство, в связи с чем, они называются открытыми и закрытыми. Призма является открытой формой, так как она не замыкает пространство. Сложение двух пирамид основаниями даёт дипирамиды различного сечения. Дипирамида является закрытой формой, поскольку она полностью замыкает пространство, пусть даже на продолжении своих граней.

В кристаллах могут присутствовать одна, две или несколько простых форм. Сочетание двух или нескольких простых форм называется комбинацией. Комбинироваться между собой могут только простые формы, относящиеся к одному виду симметрии, например, куб и октаэдр, гексагональная призма и двойная гексагональная пирамида и т.д. Простые формы в различных сочетаниях образуют самые разнообразные комбинации геометрических форм, которые характерны для природных кристаллов. Например, кристалл аметиста является комбинацией двух простых форм средней сингонии гексагональной призмы и гексагональной пирамиды.

Ход работы

1. Используя модели кристаллов (выдает преподаватель), показать основные элементы ограничения кристаллов: грани, ребра, вершины, гранные углы.

2. Определить и зарисовать в тетради основные типы граней данных кристаллов. (Таблица 3).

Таблица 3 – Типы граней кристаллов

Кристалл	Название грани	Визуальное отображение
Аметист		
Пирит		
Галит		
Кварц		
Кальцит		

3. На моделях кристаллов определить основные элементы симметрии: центр симметрии, ось симметрии, плоскость симметрии.

4. Определить, к какому виду симметрии, сингонии и категории сингоний относится каждый из кристаллов, модели которого рассматривались.

5. Установить название простой формы. Все результаты оформить и записать в тетрадь по образцу таблицы 4.

Таблица 4 – Типы граней кристаллов

Образец	Тип грани	Вид симметрии	Сингония	Категория	Название

Форма отчетности. Результаты сдаются в виде заполненных таблиц. Устное собеседование или письменная контрольная работа, тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Как образуются кристаллы?

2. Назовите важнейшие свойства кристаллических веществ?
3. Назовите элементы ограничения кристалла?
4. Что такое кристаллографические сингонии?
5. Назовите основные элементы симметрии кристаллов.

Лабораторная работа № 3. Физико-диагностические свойства минералов. Определение минералов по внешним признакам.

Цель работы – изучить основные физико-диагностические свойства минералов, научиться определять минералов по внешним признакам.

Приборы и материалы

Учебная коллекция минералов различных классов и горных пород, фарфоровые пластинки, стеклянные пластинки, шкала Мооса, компас, магнит, скальпель (нож), раствор 10%-ной соляной кислоты (HCl), тетрадь для лабораторных работ, ластик, простой карандаш, шариковая ручка.

Общие сведения

Для того чтобы распознать минералы в полевых условиях, или в условиях, приближенных к полевым, т.е. не прибегая к специальным методам минералогического исследования и оборудованию, необходимо знать и уметь определить их основные физические свойства, которые можно использовать как диагностические признаки.

К важнейшим диагностическим признакам минералов относятся морфологические особенности, характеризующие форму выделений минералов; оптические свойства; механические свойства, а также некоторые дополнительные, в том числе химические свойства.

Морфологические особенности. Чаще всего минералы встречаются в природе в виде зерен неправильной формы. Хорошо образованные кристаллы более редки, их форма обычно является характерным диагностическим признаком. Разнообразие существующих форм кристаллов можно подразделить на три типа.

Изометричные – имеющие близкие размеры во всех направлениях: кубы (галенит, пирит), тетраэдры (сфалерит), октаэдры (магнетит, пироксид), бипирамиды (циркон, касситерит), ромбододекаэдры (гранат), ромбоэдры (кальцит) и др., а также различные сочетания этих простых форм.

Вытянутые в одном направлении – призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые кристаллы (турмалин, берилл, пироксен, амфибол, рутил и др.).

Вытянутые в двух направлениях (уплощенные) – таблитчатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые кристаллы (слюды, хлориты, молибденит, графит и т.д.) (Рисунок 4).

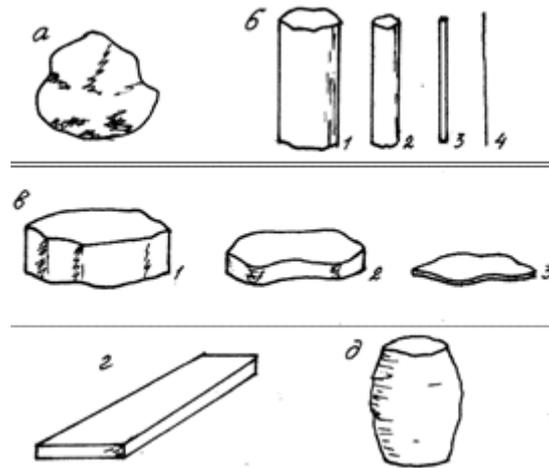


Рисунок 4 – Морфология минеральных зерен по степени изометричности:
 а – изометричные; б – удлинённые: 1 – столбчатые; 2 – шестоватые;
 3 – игольчатые; 4 – волокнистые; в – уплощенные: 1 – таблитчатые;
 2 – пластинчатые; 3 – листоватые; г – досковидные; д – бочёнковидные

По абсолютному размеру кристаллических зерен выделяют следующие агрегаты:

- Явнотернистые – размер зерен больше 0,1 мм, они легко различимы глазом;
- Скрытозернистые – размер зерен меньше 0,1 мм, зерна неразличимы глазом, зернистое строение агрегата надежно устанавливается только при исследовании под микроскопом.

По относительному размеру зерен зернистые агрегаты делятся на:

- Равномернозернистые – зерна приблизительно одного размера;
- Неравномернозернистые – зерна различны по размерам.

Совокупность нескольких минералов одного и того же происхождения называется агрегатом.

Наиболее распространенными являются зернистые агрегаты, которыми сложены все кристаллические горные породы. Зернистые агрегаты различаются по величине зерен: крупнозернистые, среднезернистые, мелкозернистые.

Землистые массы - это рыхлые, мягкие, мучнистые агрегаты аморфного или скрытокристаллического строения, сажистые (черного цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются при химическом выветривании горных пород и в зоне окисления руд.

Различия в условиях образования минералов и помехи при кристаллизации приводят иногда к самому необычному для данного минерала внешнему виду.

В зависимости от количественного содержания минералов в полиминеральном агрегате минерал может образовывать сплошной зернистый агрегат или присутствовать в виде вкрапленных зерен в массе другого минерала. Вкрапленность может быть равномерной или неравномерной. По степени заполнения пространства различают плотные и рыхлые зернистые агрегаты.

Штриховка. Помимо формы кристалла характерным свойством минерала, помогающим его диагностике, является штриховка на гранях: поперечная параллельная (кварц), продольная параллельная (турмалин, эпидот) либо пересекающаяся (магнетит).

Налеты и примазки – тонкие пленки различных вторичных минералов, покрывающие поверхность кристаллов или пород. Таковы пленки лимонита на кристаллах горного хрусталя, примазки медной зелени по трещинам в горных породах, вмещающих сульфидные месторождения с минералами меди, и т.п.

Выцветы – периодически появляющиеся (в сухую погоду) и исчезающие (в дождливые периоды) рыхлые корочки, пленки, налеты, часто пушистые или моховидные, на поверхности сухих почв, руд и горных пород и по трещинам в них. Эти образования сложены чаще всего легкорастворимыми водными хлоридами, сульфатами разных металлов или же другими водно-растворимыми солями.

Оптические свойства. Блеск. Блеск зависит от показателя преломления минерала и от характера отражающей поверхности.

Большинство минералов обладает способностью отражать своими поверхностями свет, что обуславливает блеск минералов.

Минералы по блеску разбиваются на четыре группы:

- минералы с металлическим блеском;
- минералы с полуметаллическим (металловидным) блеском;
- минералы с неметаллическим блеском;
- минералы, имеющие матовый облик.

Металлический блеск – сильный блеск, свойственный металлам. Им обладают непрозрачные минералы. Иногда благодаря процессам окисления минералы, имеющие металлический блеск, покрываются матовой коркой. Минералы с металлическим блеском нередко называются колчеданами. Металлический блеск характерен для самородных металлов и минералов, являющихся рудами различных металлов.

Полуметаллический (металловидный) блеск – более тусклый, как потускневших от времени металлов. Металловидный блеск наблюдается у минералов, являющихся рудами различных металлов.

Минералы с неметаллическим блеском составляют наиболее обширную группу. К неметаллическому блеску относятся:

Стекланный блеск – напоминает блеск поверхности стекла, распространен среди прозрачных минералов.

Алмазный блеск – искрящийся, напоминающий стекланный, но более сильный.

Перламутровый блеск – подобен блеску перламутра (отражает радужными цветами), характерен для прозрачных минералов, обусловлен отражением света от тонких пластинок или плоскостей спайности минералов.

Шелковистый блеск – мерцающий, наблюдается при тонковолокнистом или игольчатом строении минералов, напоминает блеск шелковых нитей.

Жирный блеск – характеризуется тем, что поверхность минерала кажется смазанной жиром. Особенно типичен для мягких минералов.

Восковый блеск – подобный жирному, но более слабый.

Матовый облик – минералы не блестят, характерен для минералов с пористой, неровной, землистой поверхностью.

Вид блеска зависит от характера исследуемой поверхности. Например, кварц на гранях кристалла имеет стеклянный блеск, а на изломе – жирный. Часто блеск минерала затрудняет определение его окраски. Например, из-за сильного металлического блеска пирита в хорошо выкристаллизовавшихся кубиках плохо распознается его соломенно-желтый цвет. Поэтому для определения цвета и блеска минерала требуется некоторый навык.

Оптические свойства минералов. Цвет (окраска) минералов в ряде случаев может быть важнейшим диагностическим свойством.

Название многих минералов дано по их цвету. Например, лазурит и азурит голубого цвета. Хлорит — зеленого цвета (греч. «хлорос» — зеленый), родонит — розовый (греч. «родон» — роза), рубин — красный (лат. «рубенс» — красный), аурипигмент — золотисто-желтый (аурум — золото, пигмент — окраска), гематит — буро-красный (греч. «гематос» — кровь), альбит — белый (альбус — белый).

Однако у многих минералов окраска не постоянна. Ряд минералов меняет свой цвет в зависимости от различных примесей и условий образования. Так, широко распространенный минерал кварц (SiO_2) может быть бесцветным, прозрачным (горный хрусталь), дымчатым (раухтопаз), черным (морион), фиолетовым (аметист), молочно-белым и других оттенков.

Турмалин встречается черной окраски (шерл), розовой (рубеллит), зеленой и даже бывает многоцветным (полихромным), когда один кристалл окрашен розовым, зеленым, бурым и другими цветами, концентрически-зонально расположенными в минерале.

Таким образом, цвет нельзя считать основным диагностическим признаком минералов, так как он переменчив и зависит от многих факторов. Это структурные особенности, присутствие красителей, механических примесей, трещин и пустот, от рассеивания лучей света внутри минерала, от интерференции и дифракции световых волн. Цвет контролируется такими параметрами среды, как температура, влажность и т.д. восприятие цвета глазами также неоднозначно.

Каждый химический элемент, входящий в состав минералов, и каждое химическое соединение придают последним определенную, очень характерную окраску.

Минералы, содержащие соединения меди, зеленого или синего цвета (малахит, азурит).

Минерал корунд в чистом виде бесцветен и прозрачен, а при наличии примеси Cr_2O_3 имеет зеленый цвет (изумруд).

Минералы, содержащие закись железа, окрашены в зеленый, зелено-желтый или зелено бурый цвет (хризолит).

Минералы, содержащие окись железа, приобретают красный, бурый, охристый цвет (розовый кварц, красный, бурый железняк).

Иногда образуется окраска, возникающая от рассеивания белого света (благородный опал, бриллиант, лабрадор).

Выяснено, что на окраску минералов влияют:

- наличие в минералах ионов-красителей, или хромофоров,
- валентность ионов, координационное число,
- присутствие в составе решетки минералов молекул воды,

посторонних включений и ряд других причин.

Еще в 1824 г. русский минералог В.М. Севергин подразделил окраску минералов на три группы: 1) собственная, 2) зависящая от примесей, 3) случайная.

В 1936 г. акад. А. Е. Ферсман дал этим группам названия:

идиохроматическая,
аллохроматическая
псевдохроматическая.

Идиохроматическая окраска (греч. «идиос» — свой, собственный) обусловлена собственными свойствами минерала. Этот вид окраски зависит от наличия в кристаллической решетке минералов ионов-красителей, или хромофоров. При этом хромофор входит в химический состав минерала.

Хромофорами, обычно, являются: железо двух- и трехвалентное, титан — трех- и четырехвалентный, марганец двух-, трех- и семивалентный, хром трех- и шестивалентный, а также медь, никель, кобальт, ванадий, уран и другие элементы.

Например, двухвалентное железо придает минералам бутылочно-зеленую окраску (оливин), трехвалентное железо — коричневую и темно-бурю — (гетит), марганец двух- и трехвалентный дает розовую окраску (родохрозит), марганец семивалентный — темно-фиолетовую, никель двухвалентный — зеленую и желтую, кобальт двухвалентный — розовую, хром шестивалентный — оранжевую, хром трехвалентный — зеленый и красный (в зависимости от содержания окиси хрома) и т. д.

Аллохромагическая окраска (греч. «аллос» — посторонний) вызывается наличием посторонних механических примесей. Например, кварц с включением тонких чешуек гематита окрашивается в красноватый цвет, а кварц с включением игольчатых выделений или чешуек хлорита имеет зеленоватую окраску и известен под названием празема.

Описывая цвет минерала, следует охарактеризовать основной цвет, его глубину и оттенок. Например, темно-серый с голубоватым оттенком (молибденит). В минералогии часто используют нестандартные характеристики цвета: лагунно-синий, соломенно-желтый, фисташковый и т.д.

Псевдохроматическая окраска (греч. «псевдос» — ложь, ложный) связана с рассеянием света, отраженного от минерала, и интерференцией световых волн в поверхностных слоях минерала.

Псевдохроматическая окраска, наблюдаемая у ряда минералов, обуславливает явления побежалости или иризации, опалесценцией.

Часто на поверхности прозрачных и полупрозрачных минералов можно видеть игру цветов, обусловленную интерференцией света, отражающегося от внутренних граней кристаллов, плоскостей спайности или микроскопических включений другого минерала. Это — иризация. Примером такой ложной окраски может служить иризация минерала Лабрадора (в зеленовато-синих тонах).

Аналогичное иризации явление нам хорошо известно по эффекту, наблюдаемому на поверхности воды, покрытой радужной пленкой нефти или бензина. Такого же типа явление обнаруживается у благородного опала. Для него радужная игра цветов называется опалесценцией.

На поверхности некоторых непрозрачных минералов также образуются радужные пестрые пленки, например у борнита (фиолетово-синие), халькопирита (пестрые малиново-желто-сине-зеленые), антимонита (темно-синие) и др. Это явление у непрозрачных минералов называется побежалостью.

Оптические свойства минералов. Побежалость. Иногда, кроме основной окраски у минералов (особенно содержащих медь), тонкая поверхностная пленка имеет дополнительную. Это явление называется побежалостью и объясняется интерференцией света в тонких слоях, образующихся на поверхности минералов, образующихся в результате различных реакций. Обычно побежалость бывает радужной, иногда поверхность минерала переливается красным, синим и фиолетовым цветом.

Побежалость наблюдается только у непрозрачных минералов с металлическим блеском.

Иризация – радужная окраска у просвечивающих минералов. Связана с наличием в минералах тонкочешуйчатых пластинок, различных по составу и оптическим свойствам.

В большинстве случаев иризация камня наблюдается при преломлении света, проходящего сквозь кристалл. Особенности строения кристаллической решетки, наличие растворенных в кристалле примесей, микроскопические дефекты прозрачного монолита способны создавать среды, в которых луч света интерферирует, то есть распадается на обособленные потоки волн определенной длины.

Опалесценция минералов – молочно белый, мутно голубоватый или жемчужный отлив, свойственный опалам и другим минералам. Вызвана отражением и рассеянием света мелкими включениями кремнезема.

Опалесценция – частный случай иризации только для опалов (в зарубежной терминологии), а также, в российской терминологии, для иризирующих камней группы полевого шпата (лунный камень, адуляр, ортоклаз).

Цвет черты – цвет минерала в порошке.

Многие минералы в растертом виде или порошковатом состоянии имеют другой цвет, чем в куске. Для получения порошка минерала применяется шероховатая фарфоровая пластинка - бисквит. Если провести минералом по поверхности бисквита, то он оставляет след (черту). Если твердость минерала выше

твердости фарфора (больше 6 по стандартной шкале), то минерал образует на фарфоре царапину.

Цвет черты является основным признаком при определении минералов. Например, красный, бурый и магнитный железняки в кусках часто имеют одинаковый цвет, но по цвету черты их можно очень легко различить.

Цвет черты пирита – черно-зеленый, талька – беловатый, гематит – вишнево-красный.

Оптические свойства минералов. Прозрачность характеризует способность минерала пропускать свет, зависит от его кристаллической структуры, а также от характера и однородности минерального скопления.

По этому признаку выделяют минералы:

1. непрозрачные, не пропускающие световых лучей (пирит, графит, магнетит);
2. прозрачные, пропускающие свет подобно обычному стеклу (кварц, мусковит, горный хрусталь, кальцит);
3. полупрозрачные, пропускающие свет подобно матовому стеклу (агат, гипс, халцедон);
4. просвечивающие лишь в тонкой пластинке (опал, тальк).

Агрегаты многих минералов на глаз кажутся непрозрачными.

Механические свойства минералов. Плотность (удельный вес). Точное определение удельного веса возможно лишь в лабораторных условиях путем взвешивания на весах. На практике для быстрого приблизительного определения удельного веса пользуются взвешиванием минерала на руке. Обычно выделяют весовые категории:

1. легкие (до 3 г/см³), например, цеолиты, гипс, галит, сера;
2. средние (3-4 г/см³), это многие силикаты, полевые шпаты, карбонаты;
3. тяжелые (4-6 г/см³), большинство руд цветных и черных металлов, сульфаты, некоторые силикаты.
4. очень тяжелые (более 6 г/см³), ним относят самородное золото, серебро, платину, ртуть. Самый тяжелый известный минерал на Земле – осмистый иридий, имеет плотность 23 г/см³. большая часть минералов, слагающих земную кору, легкие и средние минералы.

Механические свойства минералов. Твердость. Под твердостью понимают степень сопротивления минерала внешним механическим воздействиям (царапанию, резанию, истиранию). Зависит от характера сил сцепления между частицами вещества, определяется формой кристаллической решетки.

Определения твердости производят по 10-балльной относительной шкале твердости Ф. Мооса (составлена в 1811 г.), состоящей из десяти минералов, в которой каждый последующий минерал на балл ниже предыдущего и поэтому царапает его (Таблица 5).

По твердости минералы можно разделить на 4 группы:

1. Мягкие минералы – ноготь оставляет на них царапину (тальк, графит, гипс). Мягкие минералы легко крошатся ногтем, пачкают руки, ими можно писать.

2. Минералы средней твердости – ноготь не оставляет на них царапины, минерал не оставляет царапины на стекле (ангидрит, кальцит, медный колчедан). Минералы средней твердости оставляют царапину на ногте.

3. Твердые минералы – оставляют царапину на стекле, но не оставляют ее на горном хрустале (кварц, полевые шпаты, серный колчедан).

4. Очень твердые минералы – оставляют царапину не только на стекле, но и на горном хрустале (топаз, корунд, алмаз).

Шкала твердости минералов условная. Действительная твердость минералов определяется при помощи прибора – склерометра – и резко отличается от условной.

Надо помнить, что скрытокристаллические, пористые и порошковатые массы всегда мягче кристаллов с хорошей огранкой.

Кроме этой качественной (наиболее распространенной) оценки твердости, применяются количественные измерения так называемой абсолютной, или микротвердости, осуществляемые в полированных шлифах под микроскопом, чаще всего методами Виккерса или Бринелля (вдавливанием алмазной пирамидки-индентора или шарика из закаленной стали в поверхность образца под определенной нагрузкой).

Таблица 5 – Шкала Ф. Мооса с практическими рекомендациями

Твердость	Минерал	Практические рекомендации	Абсолютные показатели твердости, кг/мм ²
1	Тальк	Скоблится ногтем, это твердость карандаша	2,4
2	Гипс	Царапается ногтем	36
3	Кальцит	Скоблится ногтем	109
4	Флюорит (плавиковый шпат)	Легко царапается ножом. Твердость бронзовой монеты	189
5	Апатит	Трудно царапается ножом. Твердость стекла	536
6	Ортоклаз (полевой шпат)	Трудно царапается стеклом. Твердость иглы и стального ножа	795
7	Кварц	Не царапаются стеклом, оставляют царапину на стекле и ноже	1120
8	Топаз		1427
9	Корунд		2060
10	Алмаз		10060

Механические свойства минералов. Спайность – способность минералов расщепляться или раскалываться по определенным направлениям (по гладким параллельным плоскостям, совпадающими с одним или несколькими кристаллографическими направлениями – осями, гранями, в которых проявляется наименьшая сила сцепления между частицами) и давать ровные, гладкие поверхности.

Спайность – свойство исключительно кристаллических минералов. Она обусловлена закономерным расположением атомов и ионов внутри кристалла и объясняется тем, что в пространственной решетке существуют плоские сетки, притяжение между которыми наименьшее, вследствие, например, большего расстояния между системами атомов и ионов.

Угол между плоскостями спайности часто является важным диагностическим признаком минералов. Например, амфиболы и пироксены имеют сходные физические свойства. Но у пироксенов спайность проявляется под углом 87° , для амфиболов угол спайности равен 124° или 56° .

Кроме того, минералы различаются степенью выраженности спайности (Таблица 6).

Таблица 6 – Спайность минералов

Степень спайности	Признаки	Примеры минералов
Весьма совершенная	Минерал очень легко расщепляется (например, ногтем) на отдельные листочки или пластинки, образуя зеркально-блестящие плоскости спайности	Слюда, тальк, графит, молибденит
Совершенная	Минерал раскалывается при слабом ударе молотком на гладкие параллельные пластинки, кубики или другие формы	Каменная соль, кальцит, галенит
Средняя	При расколе образуются как ровные спайные поверхности, так и неровные поверхности излома	Полевые шпаты, роговая обманка
Несовершенная	Поверхности скола в большинстве неровные, сколы по спайности единичны	Апатит, берилл, ильменит
Весьма несовершенная	Спайность отсутствует. Кристаллы имеют неровные поверхности излома при расколе	Золото, кварц, нефелин

Весьма совершенная спайность – минерал легко расщепляется на листочки, пластинки (слюды, пластинчатый гипс).

Совершенная спайность – при слабом ударе молотком образуются обломки, ограниченные плоскостями спайности, то есть минерал раскалывается на

гладкие параллельные пластики, кубики и другие формы (кальцит, галит, полевые шпаты, свинцовый блеск).

Средняя (явственная) спайность – характерна для минералов, образующих при расколе, как плоскости спайности, так и поверхности с неровным изломом (авгит, полевые шпаты, роговая обманка).

Несовершенная спайность – обнаруживается с трудом. В этом случае при расколе минерала преобладают поверхности с неправильным изломом (апатит, оливин).

Весьма несовершенная спайность – плоскости спайности практически отсутствуют, минералы дают только незакономерные поверхности излома (кварц, пирит, магнетит, касситерит).

Нередко разно ориентированные плоскости спайности в одном и том же минерале различаются по степени совершенства. Так, у гипса имеется три направления спайности: по одному – спайность весьма совершенная, по другому – средняя и по третьему – несовершенная.

Кристаллы кальцита независимо от их внешней формы раскалываются всегда по спайности на ромбоэдры, а кубические кристаллы флюорита – на октаэдры.

Механические свойства минералов. Излом – вид поверхности, образующийся при раскалывании минерала. Излом – поверхности раскола минерала, ориентированные поперек плоскостей спайности.

Излом может быть: раковистый (халцедон, кремень, вулканическое стекло), занозистый или игольчатый (гипс, селенит, асбест), землистый с матовой шероховатой поверхностью (каолин, лимонит, боксит), неровный (нефелин), зернистый (мрамор), ступенчатый (ортоклаз, галенит).

Минералы, не имеющие спайности вообще или раскалывающиеся в отдельных направлениях по поверхностям, имеющим неправильную форму, образуют - излом. Излом описывается обычно в следующих терминах: неровный, зернистый, землистый, ступенчатый, занозистый, крючковатый, расщепляющийся, раковистый, скорлуповатое отслаивание, оскольчатый и др.

Дополнительные свойства минералов. Свойства, присущие отдельным минералам или минеральным группам, принято относить к дополнительным. Очень часто только одно какое-то индивидуальное свойство позволяет однозначно диагностировать минерал (галит – соленый, арсенопирит – при ударе издает запах чеснока, сера – горит синем пламенем, издавая удушливый запах сернистого газа).

1. Магнитность присуща минералам, содержащим железо, кобальт, никель. Степень магнитности может быть различной. Она определяется при помощи магнитной стрелки. Значительные массы сильно намагниченных минералов притягивают стрелку компаса, сильный магнит. Чтобы зафиксировать более слабые проявления магнитных свойств, надо к минералу в состоянии порошка прикоснуться намагниченным лезвием ножа или магнитной подковкой. Этим способом можно извлечь магнитные минералы из смеси.

2. Электрические свойства. Некоторые минералы легко электризуются, если их натереть шерстью или кожей. Наэлектризованные таким образом, они притягивают маленькие кусочки бумаги (сера, янтарь). Кварц, турмалин электризуются при нагревании. Пьезоэлектричество – появление электрического заряда на гранях некоторых кристаллов под действием их сжатия или растяжения вдоль одной из кристаллографических осей. Открыто в 1880 г. французскими физиками Пьером и Полем Кюри.

3. Люминесценция – свойство минералов светиться под воздействием внешних факторов: при нагревании, царапании, разламывании, освещении и т.д. различают следующие виды свечения:

Флюоресценция – свечение в момент воздействия. Цвет свечения одного и того же минерала может меняться и по окраске и по силе свечения, что зависит от многих причин. Например, алмаз в катодных лучах светится ярко-голубым цветом, реже – красным.

Фосфоресценция – свечение после воздействия. Некоторые минералы светятся в темноте, если этому предшествовало облучение солнечным светом. Так ведет себя флюорит.

Термолюминесценция – свечение при нагревании. Некоторые разновидности окрашенных флюоритов начинают светиться при температуре 60°C.

Триболюминесценция – свечение при механическом воздействии (царапании, разламывании), ее обнаруживают сфалерит, мусковит.

Флуоресценция минералов. В природе открыто уже более 3000 минералов, а люминесцируют из них более 500. Это значит, что практически в любой горной породе может найтись люминесцирующее зернышко. Наиболее известные люминесцирующие минералы - флюорит, минералы-карбонаты (кальцит, доломит, магнезит, арагонит и другие), апатит, циркон, шеелит. Флуоресцировать могут самые разные минералы.

Рудные минералы - самородные металлы, их оксиды и сульфиды обычно не люминесцируют. Кроме того, к сожалению "не светятся" такие красивые минералы как кварц, халцедон и их разновидности, а также многие бериллы, гранаты, турмалины.

Для подсветки минералов используют ультрафиолетовые лампы, в которых под давлением находятся пары ртути. Для защиты достаточно использовать очки с простыми стеклами, они не пропускают вредную часть УФ-спектра.

4. Горючесть и запахи. Самородная сера, ряд сернистых минералов загораются, издавая характерные запахи. Запахи могут ощущаться при выбивании искр, разбивании и стирании (кремень, мышьяковистые минералы, сера, флюорит и др.). При смачивании водой каолин издает «запах печки». Запахи ряда минералов являются следствием захвата пахучих веществ при формировании, то есть запах может быть генетическим признаком, отражающим особые условия формирования минерала (пахучие известняки, халцедоны, флюориты, кварцы).

5. Вкус ощущается только у растворимых минералов. Например, галит – соленый, сильвин горько-соленый, эпсомит – горький.

6. Гигроскопичность – способность увлажняться, поглощая влагу из воздуха. При этом легкорастворимые минералы расплываются (галит, карналлит), нерастворимые – липнут к языку, влажным губам (каолин).

7. Упругость – способность изменять форму при внешнем воздействии, но обретать ее после устранения нагрузки (слюды).

8. Хрупкость – способность крошиться под давлением. Например, блеклые руды крошатся при резании ножом. Шероховатость, жирность. Различают на ощупь минералы жирные (например, тальк, графит, молибденит) и сухие, «тощие», при растирании которых между пальцами создается ощущение шероховатости.

9. Ковкость – приобретение пластичности при разогреве в результате механического воздействия. Ковких минералов немного. Это, прежде всего, самородное золото, платина, серебро.

10. Реакция с соляной кислотой. Для минералов класса карбонатов характерна реакция с соляной кислотой с выделением углекислого газа в виде пузырьков. Вскипают при реакции с HCl многие сульфиды с образованием сероводорода, который легко отличим по характерному запаху.

11. Двухлучепреломление – свойство, обусловленное асимметрией кристалла (исландский шпат).

12. Радиоактивность – устанавливается по ионизации воздуха с помощью счетчиков Гейгера-Мюллера (урансодержащие руды, урановая слюдка, урановая смолка).

Ход работы

1. Определить физические свойства предложенных преподавателем минералов: цвет, побежалость, иризацию, цвет черты, характер блеска, прозрачность, спайность, излом, магнитность, удельный вес, вкус, запах, гигроскопичность, реакцию с соляной кислотой, шероховатость, жирность, форму нахождения.

2. Определить вид минерала по внешним признакам. Перед началом работы необходимо ознакомиться и запомнить самые характерные свойства широко распространенных минералов (Таблица 7).

Таблица 7 – Характерные свойства наиболее распространенных минералов

Весьма совершенная спайность в одном направлении	Совершенная спайность в двух направлениях	Совершенная спайность в трех направлениях	Низкая твердость	Раковистый излом	Металлический блеск	Высокий удельный вес	Соле-ный	Вскипает в HCl	Сильно магнитный
Слюды, тальк, гипс	Полевые шпаты	Кальцит, галит	Тальк, гипс, каолинит	Опал, халцедон	Пирит	Пирит	Галит	Кальцит	Магнетит

Опишите подробно все свойства и особенности формы образца, выданного преподавателем, сделайте записи в лабораторной тетради по форме таблицы 8.

Таблица 8 – Определение минералов по внешним признакам

Блеск	Твердость	Цвет	Черта	Спайность	Излом	Прозрачность	Реакция с HCl	Удельный вес	Форма агрегата	Облик кристаллов	Особенности	Название минерала
Немет.	3	серый	-	соверш.	Неровный	Прозрачный	+	Средний	Крупнозернистый	-	-	кальцит
металл.	6,5	Латунно-желтый	черная	Нет	Неровный	Непрозрачный	нет	Высокий	-	В виде кубиков	Штрихи на гранях	пирит

Описание сделайте настолько наглядным и полным, чтобы по его данным можно было представить конкретный минерал.

Пример описания.

Образец в виде бесцветных прозрачных кристаллов призматического облика с пирамидальной верхушкой. На гранях видны штрихи, располагающиеся перпендикулярно к длинному ребру призмы. Твердость большая – 7 по шкале Мооса. Спайности нет. Блеск на гранях стеклянный, а изломе – жирный. Излом каковистый, неровный. Удельный вес средний.

Установите принадлежность образца минерала к определенному виду, дайте ему название (например, гипс, пирит, доломит и т.д.). Так, описанный в примере минерал, по его свойствам должен быть отнесен к виду «кварц».

Для определения вида минерала воспользуйтесь схемами-определителями (рис. 5, 6). Предварительно ознакомьтесь с построением схемы, с ходом определения.

В основе определения по этой схеме лежит характерное и устойчивое свойство минералов – блеск. В зависимости от характера блеска минерал относят к I или II разделу. В этих разделах описаны минералы с разными свойствами. Каждый раздел в свою очередь делится на подразделы, объединяющие минералы с определенной твердостью.

Определив характер блеска минералов, установив его твердость, в дальнейшем нетрудно прийти к верному определению образца, найти его название на рис. 5, 6.

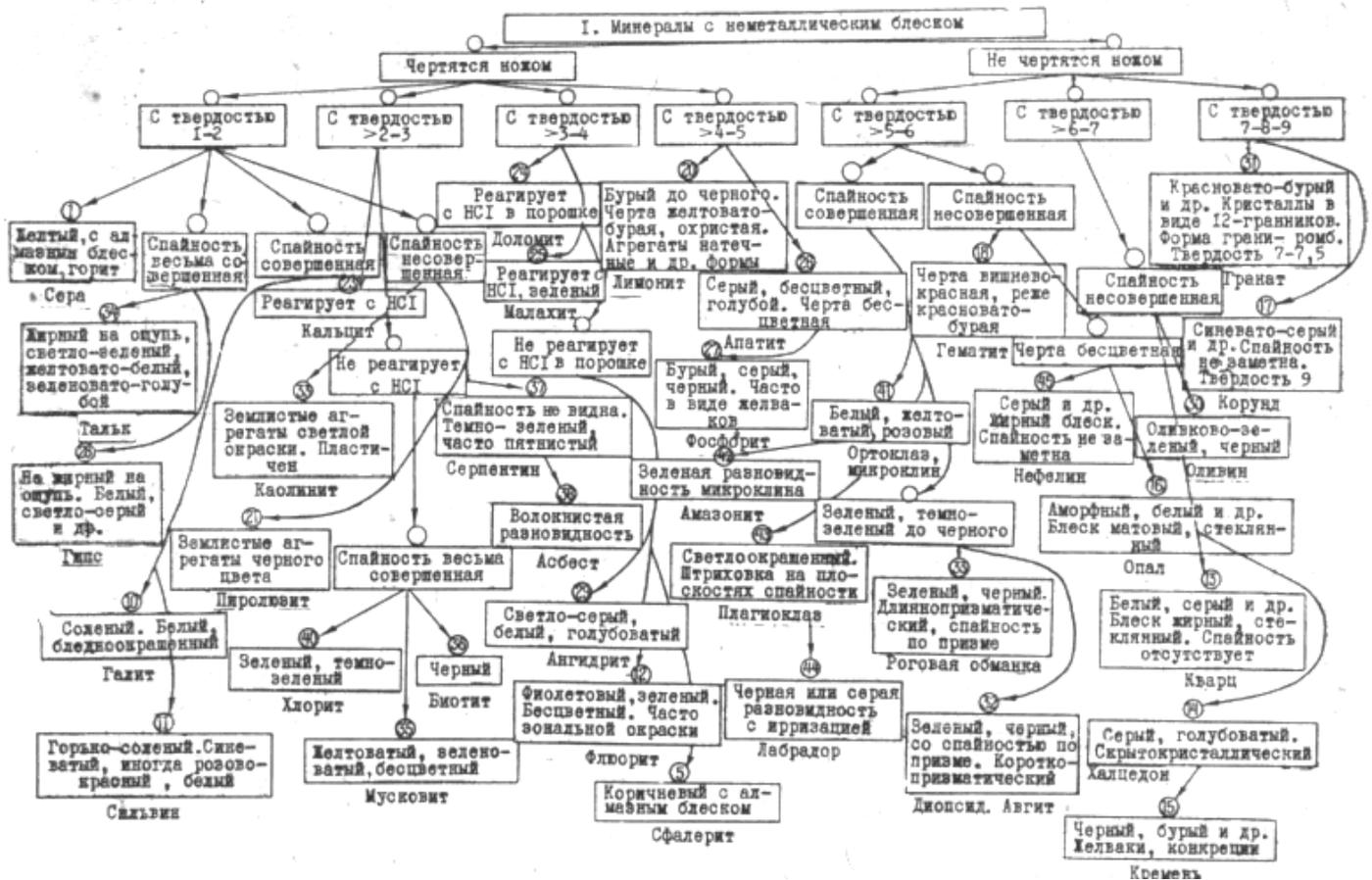


Рисунок 5 – Схема для определения минералов с неметаллическим блеском по внешним признакам

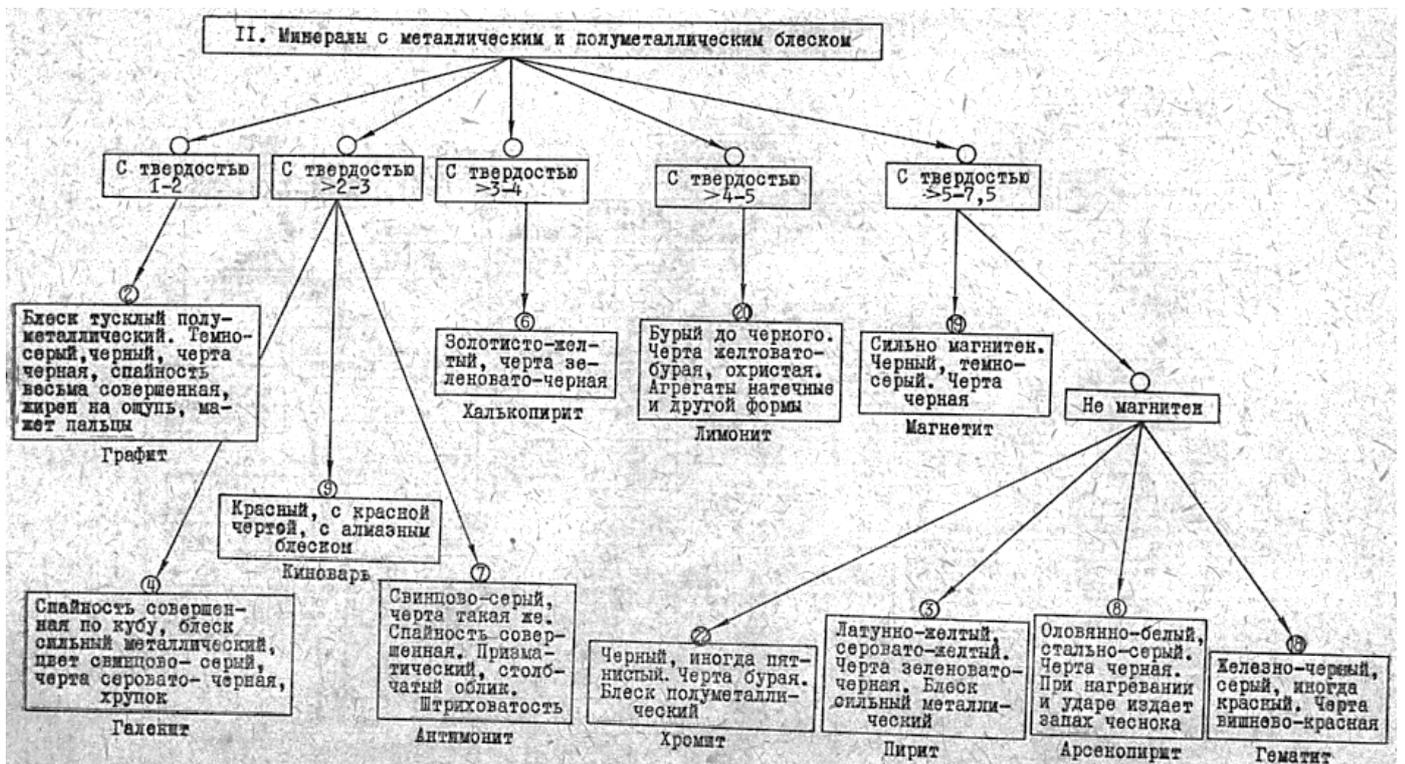


Рисунок 6 – Схема для определения минералов с металлическим блеском по внешним признакам

3. Определить твердость минералов, пользуясь шкалой Мооса. Определение твердости минералов, с использованием шкалы Мооса:

1) на поверхности исследуемого минерала выбрать гладкую площадку;
2) под острым углом к поверхности минерала провести с нажимом черту минералом, взятым из шкалы Мооса;

3) убедиться, что на исследуемом образце осталась царапина (углубление), а не порошок эталонного образца;

4) используя последовательно эталонные минералы от самого мягкого до самого твердого, добиться такого положения, когда:

-испытуемый образец располагается по своей твердости между двумя эталонными = твердость исследуемого образца оценивается средней величиной. Например, если минерал царапается флюоритом и не царапается кальцитом, то его твердость 3,5;

-испытуемый образец царапается эталонным и сам царапает его = твердость испытуемого образца равна твердости эталонного. Например, если минерал царапается ортоклазом и сам оставляет на нем царапину, то его твердость 6;

5) Для того чтобы определить твердость минерала, представляющего собой порошкообразный или землистый агрегат, необходимо потереть этим порошком эталонный образец. Если последний покроется царапинами, то его твердость меньше, чем исследуемого образца.

При отсутствии шкалы Мооса, твердость минералов можно определить другими способами, используя заменители шкалы Мооса:

-минералы с твердостью 1 пишат на бумаге, не оставляя на ней царапины;

-минералы с твердостью до 2 царапаются ногтем;

-бронзовая монета – 3,5–4;

-железный гвоздь, проволока имеют твердость 4;

-простое оконное стекло – 5;

-стальной нож, игла – 6;

-напильник – 7;

-минералы с твердостью выше 7, встречаются в природе относительно редко.

Форма отчетности. Заполненная в тетради для лабораторных работ таблица 8. Описание минерала, выполненное по образцу (в тетради для лабораторных работ). Устное собеседование, письменная проверочная работа или тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные диагностические признаки минералов.

2. Чем обусловлен цвет минералов?

2. Что такое цвет черты минерала?

3. Чем отличается блеск минерала от прозрачности?

4. Каким методом определяется твердость минералов?

5. Что представляет собой шкала Мооса?

6. Что такое спайность? Перечислить виды спайности.

7. Что такое излом минералов и его виды. Чем излом отличается от спайности минералов?
8. Как определяется магнитность минералов?
9. В чем заключается практическое значение физических свойств минералов?

Лабораторная работа № 4. Характеристика важнейших минералов различных кристаллохимических классов

Минералы изучаются в течение нескольких занятий согласно учебному плану.

Цель работы – изучить особенности кристаллохимической классификации минералов, овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики минералов по их физическим свойствам, изучить главные наиболее распространенные минералы в соответствии с их кристаллохимической классификацией.

Приборы и материалы

Учебная коллекция минералов различных классов и горных пород, фарфоровые пластинки, стеклянные пластинки, шкала Мооса, компас, магнит, скальпель (нож), раствор 10%-й соляной кислоты (HCl), лупа, бинокляр, тетрадь для лабораторных работ, ластик, простой карандаш, шариковая ручка.

Общие сведения

В основу современной классификации минералов положены кристаллохимические принципы, учитывающие химический состав и кристаллическую структуру минералов. Единицей такой классификации является минеральный вид. Сходные по составу и структуре минеральные виды объединяют в группы, подклассы и классы. Крупнейшим систематическим подразделением является тип. Всего в царстве минералов выделяют пять типов: простые вещества, сульфиды и их аналоги, оксиды и гидроксиды, соли кислородных кислот и галогениды. Тип простых веществ делится на металлы и неметаллы, тип сульфидов — на собственно сульфиды, теллуриды и арсениды. Наибольшее число классов насчитывается в типе солей кислородных кислот. Минералы этого типа классифицируются по комплексным анионам. Выделяются классы силикатов, боратов, карбонатов, сульфатов и др. Более детальное подразделение внутри классов обычно проводят по структурным особенностям минералов.

В настоящее время известно около 3500 минералов, а вместе с их разновидностями — более 5000. Однако широкое распространение в пределах литосферы Земли имеют всего 400 минералов. Наиболее часто встречающиеся из них, называют главными породообразующим минералами.

Класс самородных элементов, или простых веществ.

К классу самородных элементов относятся платина, золото, серебро, алмаз, графит, сера, медь и др. К этому классу относятся минералы, состоящие из одного химического элемента и называемых по этому элементу. Например: са-

морозное золото сера и т.д. Все они подразделяются на две группы: металлы и неметаллы.

В большинстве своем это редкие и очень редкие минералы (кроме серы, графита), но они чрезвычайно важны в практическом отношении.

Минералы не относятся к породообразующим, но многие из них являются ценными полезными ископаемыми. Они химически инертны в природных условиях. Самородных элементов насчитывается около 90 видов. Они составляют около 0,1 % от веса земной коры.

Наиболее типичная форма кристаллической решетки у самородных элементов – атомная. Самородные металлы обладают хорошей электро- и теплопроводностью, большой плотностью (тяжелые), высокой отражательной способностью (металлический блеск), непрозрачны, спайности не имеют, ковкие. Самородные неметаллы (сера, графит) имеют неметаллический блеск, небольшой плотности (легкие).

Сера S.

Происхождение названия неясно. Часто содержит примеси As, Se, Te. Форма выделения — кристаллы дипирамидальной формы. Дипирамиды часто усечены и образуют красивые друзы и щетки. Часто находится в мелкокристаллических скоплениях и землистых массах, а также в виде натечков и налетов. Цвет — лимонно-желтый, колеблется от желтого, зеленовато-желтого, коричневатого до бурого и черного (от органических примесей). Черта — светло-желтая, иногда чуть более темная в зависимости от окраски конкретного минерального индивида. Блеск — от стеклянного на гранях кристаллов до алмазного. На изломе — жирный, смолистый. В натечных и землистых агрегатах — восковой. Прозрачность — от прозрачных чистых до просвечивающих по тонкому краю кристаллов. Спайность — несовершенная или отсутствует. Излом — неровный, часто раковистый. Минерал очень хрупкий. Твердость — 1,5 — 2. Плотность — 2 — 2,1 г/см³. Главные диагностические признаки — цвет, блеск. Происхождение — чаще всего эндогенное пневматолитовое, образуется из паров и газов, выделяющихся при или после вулканических извержений. Может возникать в гипергенных условиях в результате разложения сульфидов и гипса, а также может иметь осадочное биохимическое происхождение — образовываться благодаря жизнедеятельности серных бактерий. Месторождения осадочной серы в России расположены в Поволжье (Алексеевское). Пневматолитовые месторождения широко распространены на Курильских островах. Применение — для производства серной кислоты; для получения сульфатцеллюлозы; в резиновой и текстильной промышленности сера применяется для производства красок, взрывчатых веществ и ядохимикатов для борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Графит С.

Название произошло от греч. *grapho* — пишу. Форма выделения — чаще всего мелкие шестиугольные кристаллики, слагающие плотные чешуйчатые, пластинчатые или землистые массы. Известна аморфная форма углерода — шунгит, образующаяся при метаморфизме каменного угля. Цвет — железо-

черный, темный стально-серый, мокрого асфальта. Черта — черная или темно-серая, жирная, блестящая; минерал пачкает руки, пишет на бумаге. Блеск — металловидный. Прозрачность — непрозрачный. Излом — ровный по спайности или ступенчатый в направлении, перпендикулярном спайности. Спайность — весьма совершенная в одном направлении; обуславливает хорошие смазочные свойства графита (графитовые смазки). Твердость — 1. Плотность — 2,2 г/см³. Главные диагностические признаки — цвет, цвет черты, низкая твердость. Происхождение — эндогенное, метаморфическое и контактово-метаморфическое. Графит может образовываться в результате процессов регионального метаморфизма и встречаться в мраморах, гнейсах, кристаллических сланцах, а также при метаморфизме углей и пород, содержащих органическое вещество, на контакте с магматическими телами. Иногда графит встречается в магматических породах и в метеоритах. Наиболее крупные месторождения в России находятся в Восточном Саяне (Ботогольское), в Каракалпакии (Тас-Казган), в низовьях Енисея (Ногинское и Курейское). Применение — для производства литейных тиглей в металлургической промышленности; для производства электродов в электротехнической промышленности; как замедлитель и отражатель нейтронов в атомной промышленности; как смазочный материал; для производства карандашей, красок; в резиновой промышленности.

Класс сульфидов.

К классу сульфидов принадлежат минералы — сернистые соединения металлов, представляющие особый практический интерес, так как именно они являются главными рудообразующими минералами руд цветных металлов и часто выступают как носители золота. Сульфиды обладают определенными физическими свойствами, характерными для всех представителей класса. Они обычно образуют плотные сплошные мелко- и крупнокристаллические массы, могут встречаться в виде прожилков, гнезд или в виде отдельных кристаллов. Как правило, имеют черную или темную черту, металлический блеск, высокую электропроводность. Основная часть сульфидов обладает высокой плотностью (до 8,5 г/см³). Большинство сульфидов имеет гидротермальное происхождение. Некоторые могут кристаллизоваться из магмы. Иногда они возникают и в результате экзогенных процессов, например в зоне окисления рудных месторождений, а также осадочным путем. Сульфиды обнаружены в метеоритах и в образцах лунного грунта. Содержание их в земной коре невелико и составляет около 0,15%. Наиболее широко распространены сульфиды железа (пирит — FeS₂), меди (халькопирит — CuFeS₂), свинца (галенит — PbS), цинка (сфалерит — ZnS) и некоторые другие.

Пирит FeS₂ (серный, или железный, колчедан).

Название произошло от греческого πυρ — огонь и отражает способность пирита искрить при ударе. Часто содержит примеси As, Co, Ni, Cu, Au, Se. Самый распространенный минерал класса сульфидов. Форма выделения — плотные зернистые мелко- и среднекристаллические агрегаты, почковидные и желвакообразные выделения, часто хорошо ограненные кристаллы кубической формы. Цвет — латунно-желтый, золотисто-желтый, соломенно-желтый, ино-

гда с побежалостью. Черта — отчетливо черная, иногда зеленовато-черная. Блеск — яркий металлический. Прозрачность — непрозрачный минерал. Спайность — несовершенная. Излом — неровный, иногда раковистый, в агрегатах зернистый. Твердость — 6 — 6,5. Плотность — 4,9— 5,2 г/см³. Особые свойства — штриховка на гранях куба, при ударе искрит и издает запах серы. Главные диагностические признаки — цвет, цвет черты, блеск, высокая твердость. Происхождение — полигенное. Пирит может образоваться практически всеми известными путями, главными из которых являются гидротермальный и магматический. Основные месторождения известны на Урале, Алтае, Кавказе. Применение — главным образом для производства серной кислоты, при этом попутно могут извлекаться медь, золото и др.

Галенит PbS (свинцовый блеск).

Название произошло от латинского *galena* — свинцовая руда. Содержит примеси Ag (иногда более 1 %), Fe, Cu, Zn, Se, Bi, Fe, As, Sb и др. Форма выделения — кристаллы в форме кубов, октаэдров и кубооктаэдров. Часто выделяется в виде сплошных плотных мелкозернистых масс. Характерна ассоциация с другими сульфидами, особенно со сфалеритом. Цвет — свинцово-серый. Черта — жирная, серовато-черная, блестящая. Блеск — сильный металлический. Прозрачность — непрозрачный материал. Спайность — совершенная в трех направлениях, параллельных граням куба. Излом — ступенчатый по спайности, под прямыми углами. Минерал хрупкий. Твердость — 2,5 — 3. Плотность — 7,2 — 7,6 г/см³. Главные диагностические признаки — цвет, цвет черты, блеск, низкая твердость, высокая плотность. Происхождение. 1. Гидротермальное, низко- и среднетемпературное. 2. Контактново-метаморфическое, скарновое. 3. Осадочное — образует вкрапленность в обогащенных органикой карбонатных породах. Месторождения галенита известны на Кавказе, Алтае, Забайкалье, Приморье. Применение — как важнейшая руда на свинец. Из галенита в существенных количествах могут извлекаться также Ag, Bi, Cu, Zn и другие металлы.

Сфалерит ZnS (цинковая обманка).

Название произошло от греческого *sphaleros* — обманчивый. Форма выделения — кристаллы в форме тетраэдров, иногда кубооктаэдров и додекаэдров. Агрегаты обычно зернистые, массивные и полосчатые, реже представлены скрытокристаллическими, почковидными выделениями. Почти всегда в агрегатах сопровождается другими сульфидами. Цвет — преимущественно коричневый, разной интенсивности и оттенков, от почти черного до медово-желтого и бесцветного, в зависимости от содержания примесей. Черта — от коричневой или желтовато-коричневой до светлой и желтоватой у светлоокрашенных разновидностей. Коричневая черта позволяет отличать сфалерит от других сульфидов и похожих на него минералов: гематита и магнетита. Блеск — алмазный, иногда жирный или металлоидный. Прозрачность — обычно непрозрачный минерал, но может быть полупрозрачным и даже прозрачным, в зависимости от окраски. Спайность — совершенная в шести направлениях, параллельных граням ромбододекаэдра. Излом — по спайности. В агрегатах неровный, зернистый. Твер-

дость — 3,5 — 4. Плотность — 3,9 — 4,1 г/см³. Главные диагностические признаки — блеск, цвет черты, совершенная спайность в шести направлениях. Происхождение. 1. Чаще всего имеет гидротермальное происхождение. Встречается в ассоциации с другими сульфидами. 2. Иногда образуется хемогенно-осадочным путем в каменных углях. Месторождения сфалерита известны на Алтае, Урале, Забайкалье и Приморье. Применение — важнейшая руда для получения цинка. Попутно могут извлекаться редкие и рассеянные элементы. Иногда используется в ювелирном деле (кристаллы красного и желтого цвета).

Халькопирит $CuFeS_2$ (медный колчедан).

Название произошло от греческого chalkos — медь и пирит (см. выше). Содержит примеси Se, Zn, Te, Ag, Au и др. Самый распространенный минерал меди. Форма выделения — зернистые или скрытокристаллические массы, прожилки и вкрапления, реже почковидные выделения и кристаллы тетраэдрического вида. Цвет — латунно-желтый, иногда с зеленоватым оттенком, с темно-желтой, коричневатой или радужной побежалостью. Черта — жирная зеленовато-черная. Блеск — металлический, иногда тускло-металлический. Прозрачность — непрозрачный минерал. Спайность — несовершенная. Излом — неровный, иногда крючковатый. Твердость — 3,5 — 4. Плотность — 4,2 г/см³. Главные диагностические признаки — цвет, цвет черты, блеск, наличие пленок побежалости. Происхождение. 1. Магматическое, связанное с ультраосновными и основными породами. 2. Гидротермальное — в жилах и линзах с другими сульфидами; гидротермально-осадочное — в колчеданных месторождениях. 3. Контактново-метаморфическое, скарновое. 4. Осадочное — в медистых песчаниках. Крупнейшие месторождения халькопирита известны на Урале, Кузнецком Алатау, Алтае, Закавказье, Норильском рудном районе. Применение — халькопирит является важнейшей рудой на медь.

Класс галогенидов

В классе галогенидов насчитывается примерно 100 минералов, представляющих собой соли галогеноводородных кислот HF, HCl, HBr и HI. Наибольшим распространением пользуются галит NaCl, сильвин KCl и флюорит CaF₂. Как пороодообразующие минералы галогениды имеют небольшое значение, но значительные их скопления могут представлять промышленный интерес в качестве сырья для химической и пищевой промышленности, сельского хозяйства, металлургии (флюсы).

Галит NaCl.

Название произошло от греческого hals — соль. Форма выделения — кубические хорошо ограненные кристаллы. Чаще всего выделяется в виде кристаллических агрегатов. Может образовывать натечные формы, корочки, налеты. Часто встречается вместе с хлоридом калия — сильвином, образуя соляную горную породу — сильвинит. Цвет — бесцветный, белый, желтый, кирпично-красный, синий. Черта — белая. Блеск — стеклянный до жирного. Прозрачность — минерал от прозрачного до просвечивающего. Спайность — совершенная в трех направлениях, параллельных граням куба. Излом — ступенчатый по спайности. Твердость — 2,5. Плотность — 2,2 — 2,3 г/см³. Особые свойства

— соленый вкус, легко растворим в воде, гигроскопичен. Главные диагностические признаки — вкус, форма кристаллов, блеск, твердость. Происхождение. 1. Главным образом осадочное, хемогенное, в озерах и морских лагунах. Может переотлагаться в виде натечков в соляных пещерах. В небольших количествах может образовываться как выцветы на почвах в районах засоления. 2. Иногда формируется в результате осаждения из паров при вулканической деятельности. Месторождения известны на Урале (Соликамское месторождение — крупнейшее в мире), в Нижнем Поволжье (самоосадочные озера Эльтон и Баскунчак) и Иркутской области. Применение — в пищевой и химической промышленности; также для получения металлического натрия и легированных натрием сплавов. Соляные пещеры и старые выработки используют в лечебных целях.

Сильвин KCl.

Назван в честь французского химика Сильвие де-ля-Баш. Форма выделения — кубические, реже октаэдрические и призматические кристаллы, образующие сплошные зернистые массы. Иногда образует столбчатые и волокнистые кристаллы. Вместе с галитом образует соляную горную породу — сильвинит. Цвет — бесцветный, молочно-белый, иногда серый, темно-красный, красноватый или розоватый от механических примесей гематита. Черта — бесцветная или белая. Блеск — от стеклянного до жирного. Прозрачность — минерал от прозрачного до просвечивающего. Спайность — совершенная по кубу. Излом — по спайности, часто ступенчатый. Твердость — 2. Плотность — 2 г/см³. Особые свойства — горько-соленый, едкий вкус, растворим в воде. Главные диагностические признаки — вкус, форма кристаллов, невысокая твердость. Происхождение — типичное хемогенно-осадочное, как и у галита. Может также образовываться за счет возгонов при вулканической деятельности. Крупнейшим месторождением в России является Соликамское (вместе с галитом) на Урале. Применение — как важнейшее сырье для калийных удобрений; в медицине (*sal digestinum Sylvii* — слабительная соль), пиротехнике, фотоделе, производстве красок.

Флюорит CaF₂ (плавиковый шпат).

Название произошло от латинского *fluoticum* — плавящий, так как издавна используется в металлургии для получения более легкоплавких смесей. Отсюда и другое его название — плавиковый шпат. Может содержать примеси Y, U, Sr и др., которые окрашивают минерал в различные тона. Выделяют бесцветную разновидность — оптический флюорит, используемый в оптике, а также разновидность, образовавшуюся осадочным путем, — ратовкит. Форма выделения — кристаллы в виде кубов, октаэдров, кубооктаэдров, реже ромбододекаэдров. Могут образовывать друзы и щетки. Встречается в виде сплошных кристаллических масс, а также ритмичнополосчатых мелкокристаллических агрегатах. Иногда в виде сферолитов. Цвет — от бесцветного (оптический флюорит) до желтого, зеленого, цвета морской волны, розоватого, фиолетового, коричневого, фиолетово-черного. Может обладать зональной полихромной окраской со сменой цветов в одном кристалле. Черта — светлая, бесцветная.

Блеск — стеклянный. Прозрачность — минерал от прозрачного до прозрачного по тонкому краю. В основном полупрозрачный. Спайность — совершенная в четырех направлениях, параллельных граням октаэдра. Выколки по спайности представляют собой октаэдры. Излом — главным образом по спайности, ступенчатый. Твердость — 4; хрупкий. Плотность — 3,1 — 3,2 г/см³. Главные диагностические признаки — своеобразная окраска, спайность, твердость. Происхождение. 1. Гидротермальное, обычно средне- и низко- температурное. 2. Магматическое, в пегматитах. 3. Метаморфическим путем, в грейзенах и скарнах. 4. Ратовкит имеет осадочное происхождение, накапливается в корах выветривания. Основные месторождения в России находятся в Забайкалье (Калангуйское), и Архангельской области (Амдерминское). Применение — для изготовления линз и призм для объективов, телескопов, спектрографов, лазеров и т.д.; в качестве добавок в шихту в металлургии; как источник различных соединений фтора.

Класс оксидов и гидроксидов

К классу оксидов и гидроксидов относятся минералы, образованные соединениями металлов и полуметаллов с кислородом, с гидроксильной группой ОН- и/или водой. Подобные соединения могут образовывать около 30 химических элементов. Такие минералы очень широко распространены в природе и играют большую роль в строении литосферы. Известно около 200 представителей класса оксидов и гидроксидов. Они составляют примерно 5 % литосферы и около 17 % земной коры. Самым широким распространением пользуется оксид кремния SiO₂. Многообразны оксиды и гидроксиды железа.

Почти все минералы описываемого класса обладают кристаллическими структурами, однако существуют и аморфные соединения. В химическом отношении рассматриваемые минералы делятся на простые и сложные оксиды. Для простых оксидов изоморфизм мало характерен, содержание в них примесей обычно не превышает 1 %. В сложных оксидах наблюдаются довольно широкие изоморфные замещения. Значительное число оксидов и гидроксидов образуется в экзогенных условиях в результате процессов минералообразования, протекающих в самых верхних частях земной коры при участии свободного кислорода атмосферы. Однако они могут образоваться и в эндогенных условиях: магматическим, гидротермальным и метаморфическим путями, например минералы гидрогётит и опал.

Практическое значение минералов этого класса велико, так как они образуют руды черных, цветных и редких металлов, слагают многие неметаллические полезные ископаемые, а также играют заметную роль как драгоценные и поделочные камни.

Оксиды

Кварц SiO₂. Кварц является одним из самых распространенных на Земле минералов. Кремнезем (SiO₂) имеет несколько полиморфных модификаций, каждая из которых характеризуется определенными пределами температурной устойчивости и устойчивости по давлению. К высокотемпературным разновидностям кварца относятся кристобалит (1470-1710 °С), тридимит (870-1470 °С),

а-кварц (575-870 °С). Низкотемпературный В-кварц кристаллизуется при температурах менее 575 °С. При высоких давлениях кристаллизуются стишовит и коэсит.

Выделяется также несколько цветовых разновидностей кварца: горный хрусталь — бесцветный, аметист — фиолетовый, дымчатый кварц (раухтопаз) — от светло- до темно-коричневого, морион — черный кварц, празем — зеленый кварц, цитрин — лимонно-желтый, авантюрин — кварц с рассеянными внутри пластинками слюды или гематита и некоторые другие.

Скрытокристаллическую разновидность кварца называют халцедоном. Халцедон также имеет несколько цветовых разновидностей: сердолик — оранжево-красный, плазма — бледно-зеленый, хризопраз — яблочно-зеленый, сардер (сард, или сардоникс) — красновато-бурый или коричневый. Полосчатые разновидности халцедона носят название агатов и агатовых ониксов. Разновидности с красивым рисунком, напоминающим пейзаж, называют моховыми агатами. Халцедоновая порода со значительной примесью других минералов, придающих разнообразные цвета и оттенки, называется яшмой (с красивым рисунком — пейзажной яшмой), а халцедоновая порода с примесью песка и глины — кремнием.

Форма выделения — очень разнообразные формы выделения. Кристаллы, как правило, хорошо ограненные, удлиненно-призматические, призмы шестигранные, иногда бипирамидальные, часто с горизонтальной штриховкой на гранях. Кристаллы кварца могут образовывать красивые друзы и щетки, а также слагать кристаллические агрегаты. Скрытокристаллический кварц, халцедон, образует секрции и конкреции, может встречаться в натеках корко-, почко- и жевлаковидной формы. Цвет — обычно серовато-белый, молочно-белый, серый. Может быть дымчатый, коричневый, черный, фиолетовый, зеленый, окрашенные разновидности имеют свои названия. Черта — получить затруднительно из-за высокой твердости минерала. Царапает фарфоровую пластинку. Блеск — жирный, на гранях может быть стеклянным. Халцедон имеет восковой или жирный блеск. Прозрачность — минерал от прозрачного (горный хрусталь) до просвечивающего в тонком сколе (морион). Халцедон, как правило, полупрозрачный или просвечивающий по тонкому краю. Спайность — отсутствует или несовершенная. Излом — раковистый, неровный, иногда сетчатый типа «крышки часов». Твердость — 7. Плотность — 2,5 — 2,6 г/см³.

Главные диагностические признаки — жирный блеск, раковистый излом, высокая твердость. Происхождение. 1. Магматическое в гранитах и пегматитах, вкрапленники в риолитах, халцедоновые миндалины в вулканических породах. 2. Гидротермальное. Кварц самый распространенный минерал гидротермальных жил. 3. Скарновое. 4. Главный минерал таких метаморфических пород, как гнейсы и кварциты. 5. Благодаря высокой устойчивости к выветриванию накапливается при разрушении кварцсодержащих пород и образует кварцевые пески и песчаники. Месторождения кварца представлены в основном пегматитовым и гидротермальным кварцем и хорошо известны на Урале, в Ангаро-Илимском и Ангаро-Катском районах Сибирской платформы. Сердолик и другие разновид-

ности халцедона известны в бассейнах рек Вилюя и Нижней Тунгуски, в Якутии; широко известны яшмы Южного Урала. Чистые кварцевые пески известны в пределах Русской платформы: в Московской (Люберцы) и Владимирской (Гусь-Хрустальный) областях.

Применение — в настоящее время кварц и его разновидности широко применяются в электронике, радиотехнике, оптике, точной механике, особенно высоко ценится пьезокварц. Кварцевые пески используют как сырье для стекольной промышленности и производства силикатного кирпича. Кварцевые песчаники и кварциты находят применение как строительные камни и облицовочный материал. Драгоценные и поделочные разновидности кварца используют в ювелирном деле.

Корунд Al_2O_3 .

Иногда содержит примеси Fe, Cr, Ti и др. Имеет драгоценные разновидности рубин — красного цвета, сапфир — синего цвета. В качестве разновидности также рассматривают наждак — зернистую корундовую породу серовато-черного цвета с примесью гематита, магнетита и некоторых других минералов. Форма выделения — кристаллы столбчатой, призматической, бочонковидной формы, иногда уплощенные таблитчатые. Встречается также в сплошных зернистых агрегатах. Цвет — серый, серовато-синий. У ювелирных разновидностей — синий, красный, розовый, фиолетово-розовый и др. В коллекции Минералогического музея Санкт-Петербургского горного института хранятся корунды с острова Шри-Ланка более 40 различных расцветок. Черта — получить черту не представляется возможным из-за высокой твердости минерала. Он царапает фарфоровую пластинку. Блеск — стеклянный до алмазного. Прозрачность — минерал от непрозрачного и просвечивающего по тонкому краю до прозрачного (драгоценные разновидности). Спайность — отсутствует. Излом — неровный, иногда раковистый или занозистый. Твердость — 9. Плотность — 3,9 — 4,1 г/см³. Главные диагностические признаки — форма кристаллов, блеск, высокая твердость. Происхождение — эндогенное: метаморфическое, контактово-метаморфическое. Может накапливаться в экзогенных условиях в россыпях.

Применение — корунд и наждак используют как абразивный материал. Драгоценные разновидности используются в ювелирном деле, квантовой электронике, часовом деле и приборостроении.

Гематит Fe_2O_3 . Содержит примеси Mn (до 17 %), Al (до 14 %), Ti (до 11 %) и др. Разновидности: железный блеск, или спекулярит, — стально-серые до черных кристаллы; красный железняк — буровато-красные скрытокристаллические массы; кровавик, или красная стеклянная голова, — почковидные натечки; мартит — псевдоморфоза гематита по магнетиту. Форма выделения — кристаллы пластинчатые, ромбоэдрические, реже призматические. Среди кристаллических агрегатов различают листоватые (железная слюдка, железная роза), зернистые (железный блеск, спекулярит), чешуйчатые и жирные на ощупь (железная сметана), скрытокристаллические (красный железняк), натечные и почковидные (красная стеклянная голова, кровавик), землистые и оолитовые. Цвет — красный, буро-красный до стально-серого и черного. Черта — вишнево-

красная, цвета прелой вишни, цвета запекшейся крови. Цвет черты — очень важный диагностический признак. Блеск — от металлического и полуметаллического до матового. Прозрачность — минерал от непрозрачного до просвечивающего по тонкому краю. Просвечивающие разности имеют кроваво-красный цвет. Спайность — отсутствует. Излом — неровный, в агрегате часто пластинчатый. Твердость — 5-6. Плотность — 5,2-5,3 г/см³. Особые свойства — некоторые разновидности могут обладать слабым плеохроизмом в красно-коричневых тонах. Главные диагностические признаки — цвет, цвет черты, отсутствие спайности, твердость. Происхождение. 1. Гидротермальное высоко- и среднетемпературное. 2. Контактново-метаморфическое, скарновое. 3. Метаморфогенное, связанное с железистыми кварцитами. 4. Экзогенное, в зонах окисления и выветривания богатых железных руд.

В России находятся многочисленные месторождения гематита, приуроченные к железистым кварцитам крупнейшей железорудной провинции — Курской магнитной аномалии (КМА). Месторождения гематита известны также в Карелии. Распространенность гематита довольно широкая. Применение — как важнейшая железная руда используется для изготовления красок. Разновидности кровавик и железный блеск используются как поделочные камни.

Магнетит Fe₂O₄ (магнитный железняк). Часто содержит примеси Mg, Ti, Cr, Mn. Форма выделения — кристаллы в виде октаэдров, реже ромбододекаэдров. Обычно встречается в виде плотных, сливных мелкокристаллических агрегатов, иногда в виде вкрапленности в породе. Цвет — черный. Черта — черная. Блеск — металлический, иногда металловидный. Прозрачность — непрозрачный минерал. Спайность — отсутствует. Излом — раковистый, в агрегате неровный. Твердость — 5,5-6. Плотность — 4,9-5,3 г/см³. Особые свойства — сильно магнитен, отклоняет магнитную стрелку. Главные диагностические признаки — магнитность, цвет, цвет черты, высокие твердость и плотность.

Происхождение. 1. Магматическое. 2. Скарновое. 3. Гидротермальное. 4. Метаморфическое. Также магнетит может накапливаться в россыпях. Магматическое происхождение имеют Качканарское, Кусинское, Нижнетагильское и Первоуральские месторождения на Урале. Скарновые месторождения известны на Урале (Магнитогорское), а также в Красноярском крае и Южной Якутии. Гидротермальные месторождения известны в Иркутской области, где они образуют группу Ангаро-Илимских месторождений. Крупнейшие месторождения магнетитовых руд в железистых кварцитах на территории России приурочены к КМА. Применение — как важнейший минерал железных руд.

Гидроксиды

Лимонит (бурый железняк, болотная руда) — смесь различных гидроксидов железа (гётита FeOOH, гидрогётита FeOOH • nH₂O, лепидокрокита FeO(OH), гидролепидокрокита), гидроксидов марганца, а также кремнезема и глинистых минералов.

Форма выделения — землистые охристые агрегаты, порошкоподобные и хлопьевидные агрегаты, плотные натечные массы с гладкой блестящей поверхностью (черная стеклянная голова), сталакты (бобовая руда). Цвет — от желто-

го и охристого до темного красно-бурого и черного. Демонстрирует все цвета ржавчины. Цвет черты — охряно-желтый, грязно-желтый, оранжевый. Блеск — матовый, жирный, шелковистый, стекловидный, иногда металлоидный. Прозрачность — непрозрачный, иногда просвечивающий минерал. Спайность — не определяется, так как это смесь минералов. Излом — раковистый. Твердость — 1,5-5,5 (в результате переменного состава). Плотность — 2,7-4,3 г/см³ (в результате переменного состава). Главные диагностические признаки — форма выделения, цвет, цвет черты.

Происхождение. 1. Гипергенный в коре выветривания и зоне окисления сульфидных и железных месторождений образует «железные шляпы». 2. Химические и биохимические осадки на дне болот, озер, в прибрежной морской полосе. Редко гидротермальный. Широко представлен в европейской части России (Липецкое, Тульское, Хоперское месторождения и т.д.), на Урале (Байкальское — железная шляпа по сидериту, Комарове — Зигазинское и др.).

Применение — как железная руда, менее богатая, чем гематитмагнетитовые руды, но имеющая большое практическое значение. Гётит FeOОН. Назван в честь немецкого писателя И.В. Гёте, проявлявшего активный интерес к проблемам геологии и минералогии.

Форма выделения — кристаллы призматической и игольчатой формы, почковидные натечные агрегаты с гладкой блестящей поверхностью, сталактиты с тонким радиально- и параллельно-волокнистым строением, конкреции, оолиты, секреции, жеоды. От сплошных мелкокристаллических до скрытокристаллических масс.

Гидрогётит FeOОН·nH₂O — аморфный, выделяется в натечных образованиях. Цвет — от светло-желтого до темно-коричневого и черно-бурого. Черта — бурая, желтовато-коричневая, оранжевая, охряно-желтая. Блеск — от алмазного до шелковистого и матового. Прозрачность — непрозрачный минерал.

Спайность — совершенная. Излом — неровный, шероховатый. Твердость — 5,5. Плотность — 3,3-4,3 г/см³. Главные диагностические признаки — цвет, черта, формы выделения. Происхождение — осадочное, хемогенное в зонах окисления и выветривания содержащих железо минералов. Может быть биогенным.

Применение — в составе бурого железняка, являющегося железной рудой. Бокситы (по названию французской деревни *Beaux*). Как и лимонит, бокситы сложены главным образом гидроксидами, но не железа, а алюминия: пираргиллитом (гиббситом — Al(OH)₃), бёмитом — AlO(OH) и диаспором — AlOОН. Также в состав бокситов входят каолин, кремнезем, окислы железа. Бокситы представлены в основном тремя разновидностями — каменистой, глиноподобной и рыхлой, с матовым блеском и землистым изломом. Чаще всего они кирпично-красные или красноватые за счет присутствия гидроксидов железа, но могут быть и белыми, сероватыми, пятнистыми и даже зелеными и черными, в зависимости от примесей. Бокситы имеют, как правило, оолитовое или массивное сложение. Выделения слагающих их минералов очень мелкие, менее 0,005 мм. Происхождение бокситов экзогенное. Они образуются, главным об-

разом, в корях выветривания, в условиях тропического климата. В России крупные месторождения бокситов известны в Ленинградской области (Тихвинское) и Северо-Уральском бокситоносном районе. Бокситы являются главной рудой для производства алюминия, а также используются в качестве флюса, адсорбента, для приготовления электрокорунда, быстротвердеющего портландцемента, квасцов и огнеупоров.

Опал $SiO_2 \cdot nH_2O$. Аморфный, твердый гидрогель. Имеет глобулярное внутреннее строение. Отличается высокой непостоянностью химического состава. Содержание воды колеблется от 1 до 21 %. Часто содержит примеси Fe, Cr, Ni, Si, Mn и др. Разновидности: драгоценный, или благородный, опал — обладает характерной игрой цвета и опалисценцией, гидроопал — сильно пористый, прозрачный в воде, гиалит (стеклянный опал) — образует сталактиты и шаровидные выделения, молочный опал — молочно-белый опал. Среди благородных опалов также выделяют несколько разновидностей. Пламенный, ИЛИ огненный, опал — огненно-красный или красновато-коричневый. Окрашен соединениями железа. Празопал — окрашен солями никеля в яблочно-зеленый цвет. Хиолит — бесцветный опал. Кахолонг — фарфоровидный опал. Опалы, окрашенные слоями, называют опал-агатами, или опал-ониксами, камни с моховидными включениями — моховыми опалами. Форма выделения — натечные выделения, почковидные желваки, сталактиты, сплошные стеклоподобные массы. Часто выполняет пустоты в вулканических породах, т. е. встречается в виде миндалин, секрций, жеод. Цвет — бесцветный, белый, желтый, коричневый, голубой, синий. Благородные огненные опалы могут иметь оранжево-красные цвета. Черта — светлая, получение черты затруднено из-за значительной твердости. Блеск — жирный, восковой, перламутровый. Некоторые разновидности обладают красивой световой игрой — опалисценцией, обусловленной своеобразным рассеянием света. Прозрачность — просвечивающий по тонкому краю, непрозрачный минерал. Благородные разновидности полупрозрачные до прозрачных. Спайность — отсутствует вследствие отсутствия кристаллической решетки. Излом — раковистый. Твердость — 5,5-6,5. Плотность — 1,9-2,5 г/см³. Главные диагностические признаки — отсутствие кристаллических образований, жирный блеск, раковистый излом. Происхождение. 1. Главным образом экзогенное. Опал — характерный минерал кор выветривания. Образуется при разложении силикатов. 2. Значительное количество опала образуется осадочным биогенным путем в результате жизнедеятельности организмов, имеющих опаловый скелет, в особенности диатомовых водорослей. 3. Может формироваться гидротермальным путем (в вулканических областях) из горячих источников, с образованием гейзеритов и кремнистых туфов. В России опаловые породы разрабатывают в центральных районах, особенно в Калужской и Курской областях, в Забайкалье. Месторождения лучших благородных опалов известны в Австралии, Мексике, Венгрии, Германии, Чехии.

Применение — как опаловые породы в производстве стройматериалов, термоизоляции и абразивных материалов. Благородные опалы широко используют в ювелирном деле.

Класс карбонатов

Карбонатами называются соли угольной кислоты (H_2CO_3). Класс карбонатов насчитывает около 80 представителей. Эти минералы очень широко распространены в верхней части литосферы. Их среднее содержание в земной коре составляет 1,5 мас. %. Кальцит CaCO_3 , или известковый шпат. Название произошло от латинского *calcis* — известь. Содержит примеси Mg, Mn, Fe, иногда Zn, Co, Sr, Pb и др. Водяно-прозрачная, бесцветная разновидность кальцита с сильным двупреломлением называется исландский шпат, или оптический кальцит. Полосчатые выделения кальцита называют кальцитовым, или мраморным, ониксом. Форма выделения — кристаллы призматической, таблитчатой, реже пластинчатой, иногда дисковидной формы, ромбоэдри и скаленоэдры. Могут образовывать двойники, щетки, друзы. Агрегаты зернистые, а также в виде мелко- и скрытокристаллических натечных форм — корок, почек, желваков, сталактитов, сталагмитов и т.д., могут образовывать конкреции и оолиты, секретиции и миндалины. Цвет — чаще всего белый и желтовато-белый, но в зависимости от примесей может быть разных цветов, вплоть до черного (от примеси битума). Черта — белая, светлая. Блеск — стеклянный, более яркий на поверхностях спайности, чем на гранях. Прозрачность — минерал от прозрачного (исландский шпат) до просвечивающего по тонкому краю. Спайность — совершенная в трех направлениях по ромбоэдру. Излом — как правило, по спайности, ровный, ступенчатый. Твердость — 3. Плотность — 2,6-2,8 г/см³. Особые свойства — бурно реагирует с соляной кислотой. Главные диагностические признаки — реакция с соляной кислотой, совершенная спайность, твердость.

Происхождение. 1. Осадочное, биогенное и хемогенное, главным образом в виде известняков, мергеля и мела. 2. Гидротермальное, в жилах. 3. Магматическое, в карбонатитах. 4. Контактново-метаморфическое, в скарнах. Кальцитовые породы, известняки, мел и мергели широко развиты в пределах Русской плиты, особенно в Центральных районах России, месторождения мрамора известны на Урале, исландский шпат добывается в бассейне реки Нижняя Тунгуска.

Применение — как сырье для производства строительного камня, извести, цемента; метаморфически измененные известняки — мраморы — прекрасный облицовочный материал; в металлургической промышленности в качестве флюсов; в химической промышленности для производства соды; в сельском хозяйстве для известкования почв; исландский шпат используют в оптических приборах; выделения кальцита с красивым оттенком или рисунком применяется в ювелирном и камнерезном деле.

Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Назван в честь французского инженера и минералога Доломье (1750-1801), впервые описавшего доломитовые отложения. Часто содержит примесь двухвалентного Fe, Mg, Mn. Форма выделения — чаще всего пористые землистые массы, реже почковидные, оолитовые агрегаты. Также встречается в виде кристаллических зернистых агрегатов. Цвет — в землистых массах обычно грязно-белый, желтоватый и буроватый. В кристаллических агрегатах — серовато-белый, голубовато-белый, реже с зеленоватым оттенком.

Черта — белая, светло-желтая или светло-серая. Блеск — стеклянный по граням кристаллов. В землистом агрегате матовый. Прозрачность — минерал от просвечивающегося до непрозрачного. Спайность — совершенная по ромбоэдру. Излом — обычно по спайности, косо ступенчатый. Твердость — 3,5-4.

Плотность — 2,8-2,9 г/см³. Особые свойства — с соляной кислотой реагирует в порошке. Реакция не бурная, что служит основным отличием от кальцита. Главные диагностические признаки — спайность, твердость, реакция с соляной кислотой. Происхождение. 1. В основном осадочное. 2. Может быть гидротермальным, в жилах, и гидротермально-метасоматическим за счет преобразования известняков. Широко распространен на Русской платформе, Урале, Сибири.

Применение — для производства строительных материалов, цемента, огнеупорных изделий; как флюс в металлургии, в химической промышленности и сельском хозяйстве.

Магнезит MgCO₃, магнезитовый шпат, горький шпат. Назван по области Магнезия в Фессалии (Греция). Содержит примесь двухвалентного железа и никеля. Форма выделения — кристаллы ромбоэдрические, редко призматические, таблитчатые или скаленоэдрические. Встречается в виде кристаллических зернистых агрегатов и скрытокристаллических фарфоровидных масс. Цвет — белый. Черта — белая, бесцветная. Блеск — стеклянный. Прозрачность — прозрачный по тонкому краю, непрозрачный минерал.

Спайность — совершенная в трех направлениях по ромбоэдру. Излом — по спайности ступенчатый. У фарфоровидных выделений излом раковистый, неровный. Твердость — 4-4,5. У фарфоровидного до 7 за счет примеси опала.

Плотность — 3 г/см³. Особые свойства — в соляной кислоте разлагается только в порошке и при нагревании. Главные диагностические признаки — реакция с соляной кислотой, спайность, твердость, цвет. Происхождение — эндогенное, гидротермальное, гидротермально-метасоматическое и экзогенное, при изменении богатых магнием ультраосновных пород.

Крупнейшие в России месторождения — Саткинское вблизи города Златоуст на Урале и Савинское в Иркутской области.

Применение — для производства различных огнеупоров, магнезильного цемента; в металлургии, химической и фармацевтической промышленности, а также при производстве керамики и бумаги.

Сидерит FeCO₃, железный шпат. Название произошло от греческого sideros — железо. Часто содержит примеси Mn, Mg, Ca. Форма выделения — кристаллы в виде уплощенных ромбоэдров. Грани кристаллов часто линзовидно изогнуты. Реже встречаются таблитчатые и призматические кристаллы. Агрегаты зернистые, землистые, плотные, иногда слагают шаровидные конкреции (сферосидерит). Цвет — от светло-желтого до бурого, коричневого и черного. Черта — бесцветная. У измененных (лимонитизированных) выделений — бурая, ржаво-бурая. Блеск — сильный стеклянный, иногда с буроватой побежалостью. Прозрачность — от просвечивающегося по краю до непрозрачного. Спайность — совершенная по ромбоэдру. Излом — ступенчатый по спайности, зер-

нистый. Твердость — 4-4,5. Плотность — 3,7-3,9 г/см³. Особые свойства — растворяется в подогретой соляной кислоте, кислота при этом желтеет. Главные диагностические признаки — реакция с HCl, цвет, спайность.

Происхождение. 1. Гидротермальное, в жилах и линзах вместе с сульфидами полиметаллов; гидротермально-метасоматическое при замещении известняков и доломитов (Байкальское месторождение на Южном Урале). 2. Осадочным путем, слои и линзы, конкреционные и оолитовые выделения. 3. Метаморфическое — при метаморфизме месторождений магнетитовых и силикатных железных руд.

Применение — как важная руда на железо для производства мягких сортов стали.

Класс сульфатов

Сульфаты — минералы, представленные солями серной кислоты.

Ангидрит CaSO₄. Название произошло от греческого hydratos — водный и отрицательной частицы а. Иногда содержит изоморфные примеси Mn, Mg, Sr, Ba. Форма выделения — толстостолбчатые, кубические кристаллы. Чаще всего ангидрит образует сплошные плотные мелкокристаллические массы, иногда волокнистые агрегаты. Цвет — серый, белый, серовато-голубой, грязно-голубой, похожий на весенний талый лед. Иногда встречаются ярко-синие, фиолетовые и бледно красные выделения. Черта — белая или слабо окрашенная. Блеск — стеклянный до жирного, перламутровый на плоскостях спайности. Прозрачность — прозрачный, мутный, полупрозрачный минерал. В агрегате обычно просвечивает по тонкому краю. Спайность — совершенная в трех направлениях. Излом — неровный. Твердость — 3-4, хрупкий. Плотность — 2,9-3 г/см³. Главные диагностические признаки — цвет, блеск, твердость.

Происхождение. 1. Главным образом хемогенно-осадочное, часто вместе с гипсом и каменной солью. 2. Гидротермальное, как жильный минерал в ассоциации с сульфидами. 3. Метаморфическое — при дегидратации гипса. 4. Иногда встречается как эксгалационный минерал, образовавшийся в результате поствулканической деятельности.

Применение — в строительном деле как вяжущий материал (цемент); в сельском хозяйстве как удобрение; в химической промышленности для производства серной кислоты.

Гипс CaSO₄•2H₂O. Название произошло от греческого gypsos — мел, известь, что отражает цвет минерала и его вяжущие свойства. Разновидности: снежно-белый, тонкозернистый — алебастр, камень из египетского города Алебастра; прозрачная разновидность — шпатовый гипс, или марьино стекло; шестоватая или волокнистая разновидность — селенит (от греч. Selena — богиня Луны), атласный шпат, уральский селенит; выделения с декоративным рисунком называются сатиновым, волокнистым, змеевидным алебастром.

Форма выделения — кристаллы пластинчатые, таблитчатые, призматические, столбчатые и игольчатые (селенит), иногда дисковидные. Часто образует двойники: ласточкин хвост — двойниковый шов по граням призмы и парижские (монмартрские) двойники — двойниковый шов по ребрам призмы. Иногда

образует характерные сростания дисковидных кристаллов, по форме напоминающие цветы — каменные розы. Агрегаты обычно плотные зернистые, чаще мелкозернистые (алебастр), иногда волокнистые и шестоватые (селенит), реже чешуйчатые, землистые. Цвет — бесцветный, белый, серый, серебристо-серый, коричневатый, розоватый, розовато-оранжевый. Черта — белая. Блеск — стеклянный, перламутровый на поверхностях спайности, шелковистый у волокнистых разновидностей (селенит). Прозрачность — минерал от водяно-прозрачного (марьино стекло) до просвечивающего по тонкому краю. Спайность — в одном направлении весьма совершенная, в двух — средняя. Излом — по спайности ровный или ступенчатый, на гранях призмы тонкозаноцистый. 48 Твердость — 2, царапается ногтем. Плотность — 2,3 г/см³. Главные диагностические признаки — низкая твердость, весьма совершенная спайность, светлые тона окраски, отсутствие реакции с соляной кислотой.

Происхождение. 1. Хемогенно-осадочное, в засоленных озерных и морских бассейнах вместе с каменной солью и ангидридом. 2. Осадочный минерал зон выветривания сульфидов и самородной серы; может возникать при гидратации ангидрита; образует так называемые гипсовые шляпы. 3. Как и ангидрит, гипс может отлагаться как продукт фумарольной (поствулканической) деятельности.

В России месторождения гипса довольно многочисленны. Они известны в пределах центральных и северо-западных районов, в Западном Приуралье. Вблизи Кунгура добывают гипс всевозможных оттенков. Там встречается просвечивающий волокнистый и пятнистый селенит розового, белого и оранжевого цвета. Также месторождения гипса разрабатываются в Башкирии, Татарии, Иркутской области.

Применение — в строительстве, медицине, камнерезном деле как подделочный материал.

Класс фосфатов

Фосфаты — это минералы, представленные солями ортофосфорной (H₃PO₄) кислоты.

Apatit Ca₅[PO₄]₃(F, Cl, OH). Название произошло от греческого *apate* — заблуждение. Апатит часто принимали за другие минералы.

Форма выделения — кристаллы в виде шестигранной призмы с головкой из многих граней, удлиненно-призматические или уплощенно-призматические. Высокотемпературный апатит часто выделяется в виде тонких и игольчатых кристаллов. Короткопризматические толстостолбчатые кристаллы обычно формируются в низкотемпературных условиях. Агрегаты апатита часто зернистые, сплошные, иногда лучистые. Апатит, слагающий фосфориты, часто выделяется в почковидных, желваковидных, конкреционных и оолитовых агрегатах, а также в виде псевдоморфоз. Цвет — белый, светло-зеленый, желто-зеленый, голубой, бирюзовый, фиолетовый, кирпично-красный, черный. Черта — белая. Блеск — стеклянный, на изломе жирный, блеск зернистых агрегатов напоминает подмоченный сахарный песок или фруктовый сахар. Прозрачность — минерал от прозрачного до просвечивающего и непрозрачного в фосфоритовых аг-

регатах. Спайность — несовершенная. Излом — неровный, иногда раковистый, в агрегате зернистый. Твердость — 5, хрупкий. Плотность — 3,1-3,3 г/см³. Особые свойства — при ударе издает специфический запах. Главные диагностические признаки — форма кристаллов, цвет, твердость.

Происхождение. 1. Магматическое, вместе со щелочными породами, карбонатами. 2. Контактво-метасоматическое, скарновое. 3. Гидротермальное. 4. Осадочное, особенно характерно для фосфоритов.

Крупнейшее в мире месторождение магматогенного апатита находится в Хибинах на Кольском полуострове. Также крупными месторождениями в России являются Кавдорское в Мурманской области, Ошурковское в Бурятии, контактово-метасоматическое месторождение Слюдянка в Прибайкалье. Отложения фосфоритов очень широко развиты в осадочном чехле Русской платформы, особенно в центральных районах, Московской, Рязанской и других областях.

Применение — как источник фосфора, сырье для производства фосфатных удобрений, суперфосфатов. Попутно могут извлекаться стронций и редкие земли. Красиво окрашенные и чистые кристаллы используют в ювелирном деле.

Класс силикатов и алюмосиликатов

К классу силикатов относится наибольшее число минералов, слагающих литосферу. Общее количество минеральных видов силикатов около 800. Они составляют около 90 % массы вещества земной коры. По распространенности на долю силикатов приходится более 75 % всех минералов литосферы. Силикаты являются главными породообразующими минералами многих горных пород, особенно пород магматического и метаморфического происхождения.

Одним из основных элементов в составе силикатов является кремний. Установлено, что в структуре силикатов каждый ион кремния Si⁴⁺ находится в окружении четырех ионов кислорода O²⁻. Эта кремнекислородная анионная группа [SiO₄]⁴⁻ пространственно может быть представлена в виде тетраэдра, в центре которого расположен Si⁴⁺, а в вершинах — O²⁻ (Рисунок 7).

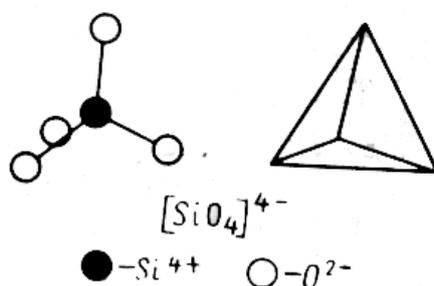


Рисунок 7 – Внутренняя структура силикатов

Именно данный кремнекислородный тетраэдр является основой, своеобразным «кирпичиком», для построения структур всех силикатов. В силикатах и их аналогах преобладают ковалентные связи в пределах анионных радикалов и ионные связи между анионами и катионами. Кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями, за счет которых происходит присоединение ионов других химических элементов, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, реже

Mn, Ti, B, Zr, Li и др. В минералах, содержащих гидроксильную группу OH^- и воду H_2O , имеется также водородный тип связи. В силикатах широко развит изоморфизм как среди катионов, так и в анионном радикале — ион кремния может замещаться на ион алюминия, образуя алюмосиликаты.

Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут быть обособленными один от другого, а могут соединяться между собой через вершины за счет общего иона кислорода. В результате образуются как простые, так и довольно сложные структуры (Рисунок 8).

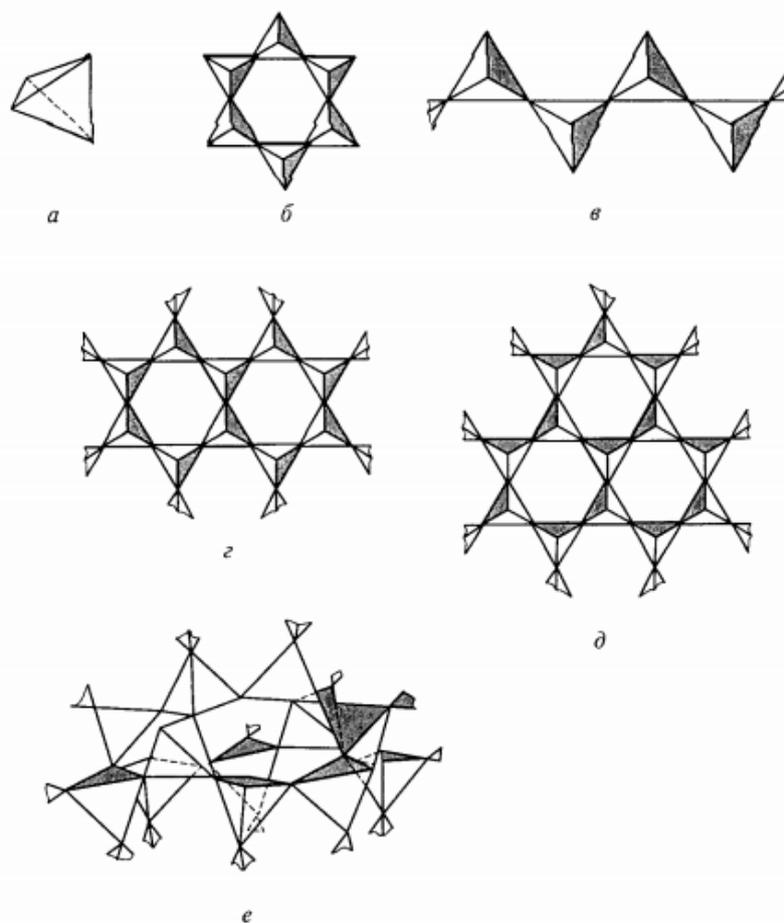


Рисунок 8 – Типы соединения кремнекислородных тетраэдров в силикатах:

- а — островные силикаты $[\text{SiO}_4]^{4-}$; б — кольцевые силикаты $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$; в — цепочечные силикаты $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$; г — ленточные силикаты $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$; д — листовые силикаты $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$; е — каркасные алюмосиликаты $[\text{Si}_{n-x}\text{Al}_x\text{O}_{2n}]^{x-}$

1. Силикаты островной структуры — присутствует изолированный тетраэдр или изолированная группа тетраэдров. Островные силикаты, в свою очередь, подразделяются на силикаты: а) с изолированными кремнекислородными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-}$; б) со сдвоенными тетраэдрами $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$; в) с кольцевыми группировками тетраэдров, объединяющими 3, 4 или 6 тетраэдров, с соответствующими радикалами $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ и $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$.

2. Силикаты цепочечной структуры — образованы многократно повторяющимися, присоединенными друг к другу тетраэдрами в виде бесконечных цепочек или лент, среди которых выделяются: а) цепочечные силикаты с радика-

лом $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$; б) ленточные силикаты с радикалом $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$, в некоторых ленточных силикатах Si^{4+} замещен на Al^{3+} с образованием алюмосиликатных радикалов типа $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{11}]^{6-}$.

3. Силикаты и алюмосиликаты слоистой, или листовой, структуры — состоят из кремнекислородных $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ или алюмокислородных $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]$ слоев, в которых тетраэдры связаны тремя общими вершинами.

4. Алюмосиликаты каркасной структуры — имеют непрерывный трехмерный каркас из алюмо- и кремнекислородных тетраэдров со сложным общим радикалом типа $[\text{Si}_3\text{AlO}_8]^-$ или $[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8]^-$ и др. Все атомы кислорода в тетраэдрах каркасной структуры являются общими, и в случае построения каркаса только кремнекислородными тетраэдрами он будет нейтрален, как каркас кварца. Существование и разнообразие алюмосиликатов каркасной структуры обусловлены наличием в них алюмокислородных тетраэдров, в которых появляющийся избыточный отрицательный заряд компенсируется различными катионами.

Островные силикаты. Оливин $(\text{Mg},\text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ (перидот). Название произошло от греческого *oliva* — олива, полученное минералом из-за цвета. Разновидности форстерит $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ (назван в честь лондонского коллекционера минералов Дж.Форстера) и фаялит $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ (назван по месту находки на о. Фаяль, Азорские острова) — крайние члены изоморфного ряда. Собственно оливин имеет смешанный состав, включая как форстеритовые, так и фаялитовые молекулы. Драгоценная прозрачная разновидность желтовато-зеленого цвета — хризолит. Содержит примесь Co и др. Оливин и описанные ниже пироксены и амфиболы иногда вместе называются темноцветными минералами, или темноцветами. Форма выделения — редко кристаллы ромбобипирамидальной формы. Обычно распространен в виде плотных сливных, реже зернистых масс. Цвет — оливково-зеленый, бутылочно-зеленый, желтовато-зеленый. Может изменяться от светло-желтого до черного. Черта — белая, получение черты затруднено из-за высокой твердости. Блеск — стеклянный, до жирного на изломе. Прозрачность — минерал от прозрачного до непрозрачного. Спайность — средняя. Излом — мелкокораковистый. Твердость — 6,5-7. Плотность — 3,2-3,5 до 4 г/см³.

Главные диагностические признаки — цвет, блеск, твердость. Происхождение — магматическое. Кристаллизуется из основных и ультраосновных расплавов. Является важнейшим порообразующим минералом земной коры и мантии. Породы, содержащие оливин, широко распространены на Урале, в Карелии, Восточном Саяне, Якутии, Колыме, на Камчатке.

Применение — маложелезистые оливины применяют как огнеупорное сырье. Хризолиты используются в ювелирном деле.

Гранаты. К гранатам относятся сложные по составу кольцевые силикаты, состав которых можно выразить формулой $\text{A}_3\text{B}_2[\text{SiO}_4]_3$, где $\text{A}^{2+} = \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Mn}$; $\text{B}^{3+} = \text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr}, \text{Ti}, \text{Zr}, \text{V}$. Название произошло от латинского *granatus*, так как кристаллы этого минерала похожи на зерна плодов гранатового дерева. Выделяют несколько разновидностей граната в зависимости от состава и цвета:

гроссуляр (от лат. *Grassularia* — крыжовник), андрадит (в честь португальского минералога д'Андрада), топазолит и меланит (шорломит), альмандин (по населенному пункту Алабанда в Малой Азии), спессартин (по местности Спессарт в Баварии), пироп (от греч. *pyropos* — пламенеподобный), уваровит (в честь графа С.С.Уварова) и др. Ювелирные разновидности андрадита называют демантоидом (от нем. *Diamant* — алмаз).

Гранаты образуют непрерывные изоморфные ряды, например, пироп — альмандин — $Mg_3Al_2[SiO_4]$ — $Fe_3Al_2[SiO_4]$ или гроссуляр — андрадит $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ — $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$.

Форма выделения — часто отдельные изометричные кристаллы. Иногда образует сплошные зернистые и сливные массы. Цвет: гроссуляр — бесцветный, медово-желтый, блекло-зеленый, бурый, красный; андрадит — желтый, зеленоватый, буро-красный, черный; альмандин — красный, пурпурно-красный, буро-красный, черный; спессартин — темно-красный, оранжево-желтый, коричневый; пироп — красный, темно-красный; уваровит — зеленый, изумрудно-зеленый; демантоид — прозрачный оливково-зеленый андрадит. Черта — белая, получение черты затруднено из-за высокой твердости. Блеск — стеклянный, иногда алмазный (у демантоида), часто жирный, особенно на изломе. Прозрачность — минерал от прозрачного до просвечивающего по краю. Спайность — несовершенная. Излом — раковистый, занозистый, шероховатый. Твердость — 6,5-7,5, хрупкий. Плотность — 3,4-4,3 г/см³. Главные диагностические признаки — характерная форма кристаллов, блеск, твердость.

Происхождение: 1. Главным образом метаморфическое, в результате процессов регионального метаморфизма. Встречается в кристаллических сланцах, гнейсах, мигматитах, эклогитах, а также в продуктах контактового метаморфизма — в скарнах. 2. Некоторые гранаты (пироп) имеют магматическое происхождение. Они встречаются в трубках взрыва в кимберлитах, а также в пегматитах. 3. Гранаты могут накапливаться в россыпях.

Встречаются в России во многих скарновых месторождениях на Урале, в Забайкалье, метаморфических породах Кольского полуострова, в алмазонасных трубках Якутии и т.д.

Применение — главным образом в ювелирном деле; как абразивные материалы для полировки древесины твердых пород.

Цепочечные силикаты (пироксены). К цепочечным силикатам относится группа минералов с общим названием — пироксены. Название этой группы минералов произошло от греческого *pyros* — огонь, *xenos* — чужой, т.е. «чуждый огню». Кристаллы пироксена, найденные в лаве, первоначально ошибочно были приняты за чужеродные включения.

По составу пироксены — это соединения Ca, Mg, Fe, Mn, иногда Al с радикальной группой цепочечных силикатов $[Si_2O_6]^{4-}$. В кристаллической структуре пироксенов анионные цепочечные радикалы соединяются между собой катионами. Для пироксенов характерно широкое изоморфное замещение одних элементов другими. В зависимости от состава выделяют пироксены: 1) железомagneзиальные; 2) кальциевые; 3) щелочные (Na, Zn). Среди пироксенов можно

выделить непрерывные изоморфные ряды: энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$ — гиперстен $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$; диопсид $CaMg[Si_2O_6]$ — геденбергит $CaFeNaFe[Si_2O_6]$; эгирин $NaFe[Si_2O_6]$ — авгит $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al)[(Al, Si)_2O_6]$. Минералы, строго отвечающие составу какого-либо крайнего члена, встречаются редко.

По форме выделения для пироксенов характерны короткостолбчатые и столбчатые кристаллы, иногда сильно вытянутые до игольчатых, шестоватые и спутановолокнистые агрегаты. Так как связь внутри радикалов сильнее, чем между слагаемыми ими цепочками, пироксены обладают совершенной и средней призматической спайностью, причем угол между двумя направлениями спайности почти прямой.

Пироксены образуются как первичные минералы из расплавов основного состава и являются типичными минералами основных и ультраосновных магматических пород, а также некоторых метаморфических пород и контактово-метаморфических пород. Они являются главными породообразующими минералами литосферы. Их доля в составе земной коры достигает 6-8 %.

Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$. Название связано с двумя наиболее характерными типами габитуса кристаллов, от латинского *di* — два и греческого *opsis* — появление. Часто содержит изоморфные примеси Cr, Ti, V. Разновидности: байкалит — ярко-зеленый, прозрачный; лавровит — зеленый из-за примеси ванадия; голубой диопсид, драгоценная прозрачная разновидность — хром-диопсид — изумрудно-зеленый, содержит до 3 % Cr_2O_3 . Форма выделения — кристаллы призматического габитуса, иногда крупные и хорошо образованные, реже таблитчатые. Сплошные зернистые массы и радиально-лучистые агрегаты. Цвет — серый, зеленый разных оттенков, часто в тонах «защитного» цвета. Черта — белая, слегка зеленоватая. Блеск — стеклянный. Прозрачность — кристалл от просвечивающего по краю до прозрачного (хром-диопсида). Спайность — средняя по призме под углом 87 и 93°. Излом — ступенчатый до неровного. Твердость — 5,5-6, хрупкий. Плотность — 3,3 г/см³. Главные диагностические признаки — светло-зеленый цвет, форма выделения в виде хорошо сформированных коротко-призматических кристаллов, спайность.

Происхождение. 1. Магматическое, в ультраосновных и основных породах, в кимберлитах. 2. Контактново-метаморфическое, в скарнах в ассоциации с эпидотом, гранатами, амфиболами, слюдой. В поверхностных условиях относительно устойчив.

Распространен довольно широко в Прибайкалье, Якутии, Приморье, на Урале и Северном Кавказе. Одним из самых известных разрабатываемых месторождений в России является Слюдянка в Прибайкалье.

Применение — в ювелирном деле.

Авгит $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al)[(Al, Si)_2O_6]$. Назван от греческого *auge* — блеск, за сильный стеклянный блеск на плоскостях спайности. Состав минерала сложен и непостоянен. Содержит изоморфные примеси Ti, Cr, Mn, Al и др. Различают разновидности: диаллаг — листоватый авгит и базальтический авгит — черного цвета из-за высокого содержания Ti и Mn. Форма выделения — короткостолбчатые, толстостолбчатые кристаллы, иногда игольчатые. Часто об-

разует вкрапленники в эффузивных породах. Иногда слагает сплошные зернистые массы. Может образовывать плотные радиально-лучистые и крупношестоватые агрегаты. Цвет — черный, реже темно-зеленый, бурый. Черта — светлая, серовато-зеленая. Получение черты затруднено из-за высокой твердости. Блеск — стеклянный. Прозрачность — непрозрачный, иногда просвечивающий по тонкому краю минерал. Спайность — средняя по призме под углами 87 и 93°. Излом — ступенчато-неровный до раковистого. Твердость — 5-6, хрупкий. Плотность — 3,3-3,5 г/см³. Главные диагностические признаки — легко диагностируется в виде отдельных кристаллов по цвету, форме и спайности, с характерными для пироксенов углами. В агрегатах диагностика затруднена.

Происхождение. 1. Магматическое, типичный минерал основных интрузивных и эффузивных пород. 2. Контактново-метаморфическое, в скарнах. Породы, содержащие авгит, обнаружены на поверхности Луны.

Применение — практического значения не имеет, но является важным пороодообразующим минералом.

Ленточные силикаты и алюмосиликаты (амфиболы). Название произошло от греческого *amfibolos* — двусмысленный, неясный — из-за сложного переменного состава и из-за схожести с другими темноцветными минералами, особенно с пироксенами. Амфиболы относятся к ленточным силикатам с похожим, но более сложным, чем у пироксенов, составом. Общая формула радикала амфиболов — $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^6-$, или более точно — $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2^{14-}$. Сдвоенные цепочки радикалов связаны между собой катионами металлов: Fe, Mg, Ca, Al, Na, реже Mn, K, Li, Ti. Амфиболы содержат анионы (OH)⁻. Для многих характерен изоморфизм типа (OH)⁻, также могут содержать F⁻ и Cl⁻. Для амфиболов характерен широкий изоморфизм элементов катионной группы.

Кристаллы амфиболов имеют вытянутый вплоть до игольчатого облик с псевдогексагональной формой поперечного сечения. Реже встречаются короткостолбчатые кристаллы. Цвет темный, темно-зеленый до черного. Амфиболы обладают совершенной спайностью по призме под углом 124 и 56°. Угол спайности является главным диагностическим признаком, позволяющим отличить амфиболы от других схожих минералов.

По происхождению амфиболы чаще магматические и метаморфические и являются главными пороодообразующими минералами этих классов.

Доля амфиболов в составе земной коры достигает 8 %. Однако практическое значение их невелико. Они находят применение, главным образом, как жаро-, кислотно- и щелочеупорные материалы. Некоторые их разновидности (нефрит) используют в камнерезном деле.

Роговая обманка $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Al}, \text{Fe})[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$. Название происходит от немецкого Horn — рог и Blend — обманка. Химический состав сложный и непостоянный. Характерно высокое содержание кальция, широкий изоморфизм металлов. Иногда содержит примесь Cr^{3+} , Ti^{4+} , F⁻, Cl⁻, O²⁻. Разновидности: базальтическая роговая обманка — бурого или черного цвета из-за высокого содержания железа и титана (до 3 %); уралит — вторичная роговая

обманка, образующаяся в результате преобразования пироксенов под воздействием гидротермальных растворов. Форма выделения — кристаллы призматического, столбчатого, реже изометрического облика. Сплошные массы крупно- и мелкозернистые, сложенные удлиненными зернами. Цвет — темно-зеленый до черного, иногда сероватый из-за вторичного развития минерала — хлорита. Цвет черты — зеленый разных оттенков. Блеск — стеклянный, иногда полуметаллический. Прозрачность — непрозрачный минерал, иногда просвечивает в тонком сколе. Спайность — совершенная, под углами 56 и 124°. Излом — ступенчато-неровный, шероховатый. Твердость — 5,5-6, хрупкий. При диагностике твердость иногда кажется меньшей из-за развития хлорита. Плотность — 3,0-3,5 г/см³. Главные диагностические признаки — форма кристаллов, цвет, спайность с характерными для амфиболов углами. От других амфиболов надежно отличается только по оптическим свойствам.

Происхождение — магматическое, метаморфическое, а также в скарнах. Применение — важный породообразующий минерал.

Слоистые силикаты и алюмосиликаты. К слоистым силикатам относятся минералы, в структуре которых кремнекислородные тетраэдры образуют двухслойные (каолинит, серпентин), трехслойные (тальк) или четырехслойные (хлориты) пакеты. Они содержат гидроксильные группы, добавочные анионы и воду. Количество воды между пакетами может изменяться в широких пределах, с чем связана способность некоторых слоистых силикатов разбухать в воде.

Для слоистых силикатов характерны широкие изоморфные замещения Si⁴⁺ на Al³⁺; избыточные отрицательные заряды компенсируются при этом ионами Ca²⁺, Na⁺, K⁺, располагающимися вместе с молекулами воды между пакетами. Главными катионами слоистых силикатов являются Mg, Al, Fe, Ca, Ni, а также K, Na и Li. Общий радикал слоистых силикатов может быть выражен формулой [Si₄O₁₀]⁴⁺ или [(Si,Al)₄O₁₀]. Из-за слоистой структуры для этих минералов характерны таблитчатые кристаллы, чешуйчатые агрегаты, иногда скрытокристаллические. Слоистые силикаты, особенно в мелкочешуйчатых агрегатах, трудно отличаются одни от других. Для этих минералов характерна совершенная и весьма совершенная спайность. Твердость их, как правило, невысока. Основная масса слоистых силикатов является продуктами гидролиза островных, цепочечных, ленточных, а также каркасных силикатов. Это минералы гидротермально-измененных пород и поверхностных процессов. Они возникают также в контактово-метаморфических процессах (скарны) и метаморфических процессах (сланцы, гнейсы).

Серпентин Mg₆[Si₄O₁₀](OH)₈ (змеевик). Название от латинского *serpentinus* — змеиный, из-за гладкой поверхности, своеобразного пятнисто-полосчатого рисунка агрегатов, зеленоватого цвета и шелковистого блеска. Разновидности: хризотил-асбест — волокнистый серпентин; антигорит (по месту находки в Антигорио, Италия) — листоватый, чешуйчатый серпентин; бастит — псевдоморфозы серпентина по пироксену; ревдинскит и гарниерит — бледно-голубые скрытокристаллические смеси серпентина с другими минералами; офит, серпофит, благородный серпентин — плотный, просвечивающий

по краям серпентин с восковым блеском, используемый в камнерезном деле. Форма выделения — плотные скрытокристаллические массы или волокнистые агрегаты. Антигорит образует чешуйчатые агрегаты. Цвет — темно-зеленый, желто-зеленый, защитного цвета. Агрегаты часто имеют полосчатую или пятнистую окраску. Цвет черты — белый. Блеск — восковой, жирный, иногда стеклянный. У асбеста — шелковистый. Прозрачность — непрозрачный минерал, просвечивающий по тонкому краю. Спайность — весьма совершенная. Излом — занозистый, в скрытокристаллических агрегатах раковистый. Твердость — 2,5-3, у антигорита — 3,5. Плотность — 2,5-2,7 г/см³.

Главные диагностические признаки — цвет, спайность, твердость. Происхождение — главным образом в результате гидротермального изменения оливина и пироксенов, может образовываться в корах выветривания ультраосновных пород.

В России крупные месторождения известны на Урале и в Сибири. Применение — для производства жаро- и кислотоупорных материалов; как поделочный камень.

Каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. Название происходит от китайского Кау-Линг — высокая гора, название горного района в Китае, где добывался каолин для изготовления знаменитого китайского фарфора. Скопления каолина носят название каолинита, или каолиновых глин.

Форма выделения — кристаллы в виде тонких шестиугольных, хорошо образованных табличек, очень мелкие — 1 мкм и мельче. Агрегаты — плотные и рыхлые, тонкочешуйчатые землистые массы. Цвет — белый, грязно-белый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый, красноватый — в зависимости от примесей. Цвет черты — белый. Блеск агрегатов — матовый или тусклый, отдельных чешуек — перламутровый. Прозрачность — непрозрачный минерал в агрегатах. Отдельные чешуйки могут быть прозрачными. Спайность — весьма совершенная. Благодаря весьма совершенной спайности и НИЗКОЙ твердости немного жирный на ощупь. Излом агрегата — раковистый, землистый. Твердость — 1; легко царапается ногтем. Плотность — 2,6 г/см³. Особые свойства — размокает в воде, гигроскопичен. В сухом состоянии прилипает к языку. Главные диагностические признаки — светлая окраска, жирный на ощупь, низкая твердость, размокает в воде.

Происхождение — экзогенное. Образуется главным образом за счет разложения полевых шпатов, слюд и других алюмосиликатов. Является типичным минералом кор выветривания.

В России месторождения каолина известны в Ленинградской области, на Урале (Троицко-Байновское), в Восточной Сибири.

Применение — как сырье для фарфоровой промышленности и строительства; как наполнитель при производстве бумаги; как связующий материал в красках, лаках и т.д.; в косметической и мыловаренной промышленности.

Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ (*стеатит, жировик, тальковый камень, горшечный, или мыльный, камень*). Название имеет арабское происхождение, от арабского talg. Обычно содержит примеси железа, иногда хрома.

Форма выделения — кристаллы по форме шестиугольные таблички и листочки, чешуйки. Образует листоватые, чешуйчатые плотные агрегаты (стеатит, горшечный камень). Цвет — белый, желтоватый, зеленоватый, серый, голубовато-зеленоватый. Черта — белая. Блеск — шелковистый, жирный, перламутровый, до стеклянного. Прозрачность — непрозрачный, просвечивающий по краю минерал. Тонкие листочки прозрачные. Спайность — весьма совершенная. Благодаря весьма совершенной спайности и низкой твердости жирный на ощупь. Излом агрегатов — занозистый, неровный. В отдельных крупных кристаллах излом по спайности ровный, гладкий. Чешуйки талька гибкие, но не упругие. Твердость — 1; легко царапается ногтем. Плотность — 2,6-2,8 г/см³. Особые свойства — жирный на ощупь. Главные диагностические признаки — цвет, низкая твердость, жирный на ощупь.

Происхождение — в процессе гидротермального замещения богатых магнием ультраосновных пород, а также некоторых осадочных пород. Встречается в метаморфических породах (сланцах). Крупные месторождения в России на Урале (Шабровское и др.) и в Восточном Саяне (Онотское).

Применение — важнейшее сырье для производства керамики; в медицине (присыпки, пасты); в косметике (пудры, помада, грим); в бумажной, текстильной, резиновой промышленности. Применяется для изготовления огне- и светостойчивых красок.

Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$. Название произошло от итальянского *Muska* — Москва. Крупные листы мусковита, вывозившиеся из Московии, назывались мусковитом. Мелкочешуйчатый мусковит называют серицитом. Хромсодержащая ярко-зеленая разновидность мусковита — фуксит. Форма выделения — пластинчатые кристаллы часто шестиугольного сечения, коротко-столбчатые. Листовато-зернистые чешуйчатые агрегаты, иногда скорлуповатые. Серицит образует плотные сплошные массы. Цвет — от бесцветного до сероватого, светло-желтого, светло-коричневого и зеленоватого. Цвет черты — белый. Блеск — стеклянный. На плоскостях спайности иногда перламутровый. У серицита шелковистый. Прозрачность — прозрачный, полупрозрачный минерал. Серицит просвечивает по тонкому краю. Спайность — весьма совершенная в одном направлении. Излом — по спайности ровный, ступенчатый. Листочки гибкие и упругие. Твердость — 2-2,5; царапается ногтем. Плотность — 2,8-3,1 г/см³. Главные диагностические признаки — форма выделения, весьма совершенная спайность, низкая твердость.

Происхождение. 1. Магматическое, в кислых породах, пегматитах. Мусковит — типичный минерал грейзенов. 2. Гидротермальное, особенно характерное для образования серицита. 3. Метаморфическое, в сланцах.

Крупные месторождения мусковита в России известны в Иркутской области в бассейнах рек Мама и Чуя, в Карелии, на Кольском полуострове, в Восточном Саяне (Бирюсинское).

Применение — в электропромышленности, радиотехнике, приборостроении, где используются диэлектрические свойства мусковита; как жароупорный материал; для производства смазочных материалов, лощеной бумаги и автомо-

бильных шин. В геологической науке применяется для определения абсолютно-го возраста калий-аргоновым и рубидий-стронциевым методами. На Руси крупные прозрачные листы мусковита издавна использовались для застекления окон.

Биотит $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, Cl, F)_2$. Назван в честь французского минералога и физика Н. Б. Био. Химический состав весьма изменчив, содержит многочисленные примеси: Ti, Na, Li, Mn, Ba, Sr, Cs. Разновидности: мероксен — бедный железом; сидерофиллит — весьма богатый железом; лепидомелан черного цвета, безмагниевого. Осветленный биотит бронзового цвета иногда называют кошачьим золотом — бауэрит. Среди слюд это самый распространенный минерал. Слагает 2,5-3 % земной коры. Форма выделения — кристаллы столбчатой формы, пластинчатые, в сечении шестиугольные. Агрегаты плотные, листоватые, чешуйчатые. Цвет — темный, черный, в зависимости от состава может быть красновато-бурым (Ti), зеленовато-черным (Fe^{3+}) и черным ($Fe^{2+} + Fe^{3+}$). Цвет черты — белый. Блеск — стеклянный, металловидный, перламутровый на плоскостях спайности. Прозрачность — прозрачный и полупрозрачный в тонких пластинах минерал, просвечивающий по краю в агрегатах. Спайность — весьма совершенная в одном направлении. Излом — ровный по спайности или ступенчатый. Листочки гибкие, упругие. Твердость — 2,5-3. Плотность — 3-3,1 г/см³. Главные диагностические признаки — форма выделения, цвет, блеск, весьма совершенная спайность, низкая твердость.

Происхождение. 1. Магматическое. Широко распространен в гранитах и гранитных и щелочных пегматитах. 2. Метаморфическое. Слагает различные сланцы, гнейсы, роговики.

Применение — для извлечения рубидия и цезия.

Глауконит $K(Fe, Al, Mg)_2[(Al, Si)_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$. Название произошло от греческого *glaukos* — светло-зеленый. Представитель семейства гидрослюд. Форма выделения — очень редко мелкие чешуйчатые кристаллы, чаще зерна неправильной формы. Обычен в глинистых и песчаных породах, может слагать глауконитовые пески или цемент в песчаниках, образует землистые агрегаты, иногда слагает мелкие оолиты. Цвет — зеленый разных оттенков: от малахитово-зеленого до зеленовато-бурого. Цвет черты — зеленый. Блеск — матовый. Прозрачность — непрозрачный минерал. Спайность — весьма совершенная, макроскопически не наблюдается в силу малого размера кристаллов. Излом в агрегате — зернистый, землистый. Твердость — 2-3, хрупкий. Плотность — 2,2-2,8 г/см³. Главные диагностические признаки — форма нахождения, цвет, невысокая твердость, ассоциация с осадочными породами.

Происхождение — осадочное. Образуется в прибрежной зоне морей и океанов, является индикатором глубинности осадкообразования. Крупные месторождения известны на Урале, в Курской, Орловской и Кировской областях.

Применение — для изготовления зеленой минеральной краски, фильтров для воды; как калийное удобрение.

Хлориты представляют собой семейство схожих слоистых водных алюмосиликатов со сложным составом. Название происходит от греческого

chloros — зеленый, что связано с зеленой окраской этих минералов. В химическом составе наблюдаются значительные колебания в содержании Mg, Fe, Al, а также кремнекислоты и воды. В целом их состав может быть выражен изоморфным рядом от $(\text{Mg,Al})_6[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_8$ до $(\text{Fe},^{2+}\text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_6[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{O})_8$. Минералы этого семейства могут содержать также примеси Ca, Mn, Cr, Ni и др.

Форма выделения — кристаллы чаще всего таблитчатой, пластинчатой, реже ромбической форм. Агрегаты мелко- и скрытокристаллические, чешуйчатые, листоватые, землистые, оолитовые. Цвет — зеленый, желтовато-зеленый, синевато-зеленый до черного (железистые разновидности — шамозит и тюрингит) и розово-фиолетового (хромсодержащие разновидности — кочубейт и киммерит). Цвет черты — серо-зеленый, зеленовато-белый, голубовато-зеленый. Блеск — шелковистый, жирный до стеклянного и перламутрового на плоскостях спайности. Прозрачность — непрозрачные или просвечивающие по тонкому краю минералы, иногда могут встречаться прозрачные кристаллы. Спайность — весьма совершенная. Излом в агрегатах — неровный, ступенчатый, занозистый. Листочки гибкие, но хрупкие. Твердость — 2-2,5; царапается ногтем. Плотность — 2,6-2,9 г/см³. Главные диагностические признаки — форма нахождения, цвет, весьма совершенная спайность, низкая твердость.

Происхождение. 1. Метаморфическое. Входит в состав сланцев и других хлоридсодержащих пород. 2. Гидротермальное. Развивается по темноцветным минералам, пироксенам, амфиболам, особенно по роговой обманке, биотиту (процесс хлоритизации). Могут образовываться в скарнах и гидротермальных жилах.

Применение — в качестве железной руды (шамозит и тюрингит).

Каркасные алюмосиликаты. В основе структуры каркасных алюмосиликатов лежит непрерывный каркас из связанных между собой алюмо- $[\text{AlO}_4]^{5-}$ и кремнекислородных тетраэдров $[\text{SiO}_4]^{4-}$, в котором все ионы кислорода общие. В этих минералах сумма ионов кремния и алюминия всегда в два раза меньше, чем число ионов кислорода. Отрицательные заряды компенсируются за счет крупных катионов Ca^{2+} , K^+ , Na^+ и других, занимающих полости в каркасной структуре. Кристаллизационная вода в этих минералах играет подчиненную роль. Благодаря крупным пустотам в структуре проявляются широкие вариации состава, замещения типа $\text{Ca}^{2+} \text{---} 2\text{Na}^+$, $\text{Ca}^{2+} \text{---} 2\text{Cs}^+$ и др. Каркасные алюмосиликаты — важнейшие порообразующие минералы, они слагают около 60 % массы земной коры. Большинство алюмосиликатов образуется в результате магматических и метаморфических, в меньшей степени гидротермальных процессов минералообразования. В поверхностных условиях каркасные алюмосиликаты разлагаются, гидратируются с образованием слюд, гидрослюд и глинистых минералов. По составу могут быть разделены на три группы: полевые шпаты, фельдшпаты и цеолиты.

Полевые шпаты являются наиболее распространенными порообразующими минералами. На их долю приходится более 50 % массы земной коры. Они являются обязательной составной частью большинства магматических и

метаморфических пород. Название произошло от немецкого Shpat, Shpalten — раскалываться по трещинам, что отражает присутствие у большинства минералов хорошей спайности. По другой версии, название «полевой шпат» — от немецкого Feldshpat, связано с частым присутствием минерала на пашнях, расположенных вблизи гранитных массивов. Полевые шпаты образуют широкие изоморфные ряды: $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_2]$ — $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ — $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8]$, часто содержат также Sr^{2+} , Ba^{2+} . По составу полевые шпаты разделяют на две большие группы: калий-натриевые полевые шпаты, КПШ, или просто калиевые полевые шпаты, и натрий-кальциевые полевые шпаты, или плагиоклазы. Свойства всех полевых шпатов очень близки. Выделяются они в виде хорошо образованных таблитчатых кристаллов, слагают кристаллические агрегаты различной зернистости. Окраска большинства их светлая. Полевые шпаты обладают совершенной и средней спайностью в двух направлениях. Твердость колеблется в пределах 5-6.

Калиевые полевые шпаты являются существенно калиевыми представителями изоморфной серии К-Na полевых шпатов. Их состав может быть выражен общей формулой $(\text{K},\text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_3]$.

Ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_3]$. Название минерала в переводе с греческого означает прямораскалывающийся (от греч. orthos — прямой и klastikos — раздробленный). Разновидности: адуляр (по горам Адуляр в Швейцарии) — водяно-прозрачные кристаллы характерной клиновидной формы; санидин (от греч. sanidos — табличка) высокотемпературная модификация стеклянно-серого цвета, характерная для вкрапленников эффузивных пород; лунный камень — адуляр нежно-голубого цвета с серебристо-перламутровым отливом; солнечный камень — красноватый адуляр с золотистым отливом. Окраска часто неравномерная, пятнистая. Форма выделения — кристаллы хорошо образованы, главным образом таблитчатой формы, реже призматической, часто образуют двойники. Кристаллы могут достигать гигантских размеров, массой до нескольких десятков тонн, могут образовывать друзы, присутствовать в виде вкрапленников в эффузивных магматических породах, а также слагать кристаллические агрегаты, плотные, разной зернистости. Цвет — стеклянно-серый (санидин), светло-желтый, розовый до мясо-красного (ортоклаз), бесцветный (адуляр), желтый, красноватый (солнечный камень), голубоватый (лунный камень). Окраска часто неравномерная, пятнистая. Цвет черты — белый. Получение черты затруднено из-за высокой твердости минерала. Блеск — стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Прозрачность — минерал, просвечивающий по тонкому краю, непрозрачный. Некоторые разновидности могут быть полупрозрачными и даже прозрачными. Спайность — в одном направлении совершенная, в другом средняя, угол между плоскостями спайности составляет 90° . Излом — неровный, или ступенчатый, по спайности. Твердость — 6-6,5. Плотность — 2,54-2,63 г/см³. Главные диагностические признаки — блеск, спайность, твердость.

Происхождение — главный породообразующий минерал кислых и щелочных горных пород и их пегматитов. Наиболее крупные скопления ортоклаза и микроклина связаны с гранитными пегматитами. Может иметь также гидро-

термальное происхождение. Входит в состав некоторых метаморфических пород — гнейсов и сланцев. В поверхностных условиях легко разрушается под действием гидротермальных растворов.

Применение — сырье для керамической промышленности; лунный и солнечный камень используют в ювелирном деле.

Микроклин $K[AlSi_3O_8]$. Название минерала происходит от греческого *mikros* — малый и *klino* — наклоняю, т.е. «незначительно отклоненный», так как угол между плоскостями спайности отличается от 90° на 20 мин. Разновидности: амазонит — микроклин зеленого цвета (от названия реки Амазонки). Форма выделения — кристаллы короткопризматического габитуса, иногда гигантских размеров, а также сплошные зернистые агрегаты. Цвет — серый, желтоватый, розовый до коричневого; зеленый и бирюзово-зеленый у амазонита. Цвет черты — белый. Получение черты затруднено из-за высокой твердости минерала. Блеск — стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Прозрачность — непрозрачный, просвечивающий по тонкому краю минерал. Спайность — в одном направлении совершенная, в другом средняя, угол между плоскостями спайности отличается от прямого на 20 мин, т.е. составляет $89^\circ 40'$. Излом — неровный, зернистый, ступенчатый по спайности. Твердость — 6-6,5. Плотность — 2,5-2,6 г/см³. Главные диагностические признаки — цвет, спайность, твердость. Однако по внешнему виду трудно отличим от ортоклаза (за исключение амазонита).

Происхождение — породообразующий минерал кислых и щелочных магматических пород, их пегматитов. Входит в состав метаморфических пород, гнейсов и кристаллических сланцев. В поверхностных условиях легко разлагается. Применение — сырье для производства керамики; амазонит используют как поделочный камень.

Плагиоклазы — минералы, алюмосиликаты переменного состава от альбита $NaAlSi_3O_8$ до анортита $CaAl_2Si_2O_8$. Название произошло от греческого *plagios* — косою и *klasis* — разлом, т.е. «косораскалывающийся», и дано из-за угла между двумя плоскостями спайности, отличающегося от прямого (около 86°). От калиевых полевых шпатов отличаются отсутствием в их составе калия. Среди плагиоклазов выделяют шесть минералов: альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит. В этом ряду происходит убывание так называемой альбитовой составляющей ($NaAlSi_3O_8$) и увеличение анортитовой составляющей ($CaAl_2Si_2O_8$). Исходя из процентного содержания анортитовой составляющей, плагиоклазу присваивают соответствующий номер (Таблица 9). Содержание анортитовой молекулы (An) в минералах ряда следующие (%): в альбите — 0-10, олигоклазе — 10-30, андезине — 30-50, лабрадоре — 50-70, битовните — 70-90, анортите — 90-100. Так как содержание кремнекислоты убывает от альбита к анортиту, плагиоклазы № 0-30 носят название кислых; № 30-50 — средних; № 50-100 — основных. Наиболее распространены кислые плагиоклазы.

Таблица 9 – Изоморфный ряд плагиоклазов

Название минерала	Формула	Содержание анортитовой молекулы (An)
Альбит (Ab)	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	0-10
Олигоклаз	Изоморфные смеси Ab+An	10-30
Андезин		30-50
Лабрадор		50-70
Битовнит		70-90
Анортит (An)	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	90-100

Форма выделения — отдельные кристаллы и кристаллические агрегаты, слагающие многие магматические породы. Некоторые из этих пород почти полностью состоят из плагиоклазов, например лабрадориты и анортозиты. Широко распространены вкрапленники плагиоклазов в эффузивных породах. Плагиоклазы часто образуют двойники. Цвет — белый, серовато-белый, иногда с зеленоватым или красноватым оттенком из-за различных включений, до почти черного у Лабрадора. Черта — белая. Получение черты затруднено из-за высокой твердости минералов. Прозрачность — минералы прозрачные, просвечивающие, непрозрачные. Блеск — стеклянный, перламутровый. Излом — неровный. Спайность — совершенная в одном направлении, средняя в другом, под углом $86 - 87^\circ$. Твердость по шкале Мооса — 6-6,5. Плотность увеличивается от альбита ($2,61 \text{ г/см}^3$) к анортиту ($2,76 \text{ г/см}^3$).

Особые свойства — для олигоклаза характерна голубая иризация (особенно для его разновидности беломорита), для лабрадора — синяя или синезеленая.

Главные диагностические признаки — блеск, спайность, твердость.

Происхождение — магматические и метаморфические горные породы, пегматиты, гидротермальные месторождения, россыпи.

Применение — в качестве строительных и облицовочных камней. Плагиоклазы с декоративными эффектами могут использоваться как поделочные камни, особенно Лабрадор и олигоклаз (беломорит).

Фельдшпатоиды (от нем. Feldshpat — полевой шпат и от греч. oid — подобный, т.е. подобные полевым шпатам) — это каркасные алюмосиликаты, близкие по составу к полевым шпатам, но отличающиеся от них пониженным содержанием кремнезема и повышенным содержанием щелочей. Фельдшпатоиды кристаллизуются вместо полевых шпатов в магматических породах повы-

шенной щелочности. Кроме того, они могут образовываться при метасоматических изменениях и в результате процессов регионального метаморфизма. Под действием гидротермальных растворов фельдшпатоиды разлагаются с образованием слюд и глинистых минералов. В поверхностных условиях они разрушаются с образованием каолинита.

Нефелин $KNa_3[AlSiO_4]_4$ (*элеолит, масляный камень*). Название минерала происходит от греческого *perhele* — облако, из-за образования студневидного геля кремнекислоты при разложении нефелина кислотами. Содержит примеси Ca, Rb, Ga и др. Элеолит — крупнокристаллический нефелин с жирным блеском мясо-красного цвета. Форма выделения — кристаллы призматические, толстостолбчатые. Образуют вкрапленники в породах, или плотные, сплошные, иногда очень крупнокристаллические массы. Цвет — серый, грязно-зеленый (из-за микроскопических включений других минералов), мясо-красный до бурого (цвета испорченного мяса), редко — бесцветный. Цвет черты — белый. Получение черты затруднено из-за высокой твердости минерала. Блеск — жирный, стеклянный. Прозрачность — минерал, просвечивающий по тонкому краю, полупрозрачный, редко прозрачный. Спайность — отсутствует. Излом — неровный, иногда раковистый. Твердость — 5-6. Плотность — 2,6 г/см³.

Главные диагностические признаки — жирный блеск в сплошных массах, отсутствие спайности, твердость, никогда не встречается в ассоциации с кварцем.

Происхождение — магматическое. Связан со щелочными породами и их пегматитами. Породы, богатые нефелином и редкоземельными элементами, известны на Урале (Ильменьские и Вишневые горы). Нефелин вместе с апатитом встречается на Кольском полуострове в Хибинах. Крупное месторождение расположено в Кузнецком Алатау (Белогорское).

Применение — комплексное сырье для извлечения алюминия, изготовления соды, высококачественного цемента. Попутно могут извлекаться редкие щелочные металлы и галлий.

Цеолиты. Название произошло от греческого *seο* — вскипать и *lithos* — камень из-за способности этих минералов вспучиваться при нагревании. К цеолитам относятся каркасные алюмосиликаты, обладающие объемными и сообщающимися между собой полостями, занятыми крупными ионами Ca, Na, K, Sr, Ba и молекулами воды. Всего к семейству цеолитов относят около 40 минеральных видов, 1/3 которых широко распространена. В цеолитах широко проявляется изоморфизм типа $Ca^{2+}Al^{3+}-Na^+Si^{4+}$, реже $Ca^{2+}-Sr^{2+}$. Они способны отдавать и снова присоединять воду без разрушения их структуры. Вода цеолитов с повышением температуры выделяется постепенно, а обезвоженные (дегидратированные) цеолиты могут адсорбировать молекулы других веществ — NH_4^+ , NO_2^- , H_2S , углеводов, спиртов, металлоорганических соединений. На этом свойстве основано использование цеолитов для осушения газов, разделения нефтехимических продуктов, в качестве фильтров для очистки питьевых и сточных вод и т.д. Цеолиты образуют прекрасные кристаллы, форма которых определяется особенностями структуры. Они также могут слагать сплошные

агрегаты разной степени зернистости. Обычно бесцветные или белого цвета. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Твердость невысокая, колеблется в интервале 3,5-5,5. На земной поверхности цеолиты неустойчивы и переходят в хлорит и глинистые минералы.

Происхождение цеолитов гидротермальное, часто встречаются в ассоциации с кальцитом, доломитом, гидрослюдами и кварцем. Часто заполняют миндалевидные пустоты и образуют прожилки в вулканических породах (базальтах).

Анальцим $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$. Название произошло от греческого *analkis* — несильный, из-за очень слабой электризации, вызываемой трением. Состав минерала близок к формуле. Форма выделения — тетрагонтриоктаэдрические кристаллы, иногда с гранями куба. Агрегаты шестоватые, зернистые. Слагает миндалины в эффузивах. Цвет — бесцветный, серый, белый, с желтоватым оттенком, розовый, мясо-красный (из-за примеси оксидов железа). Цвет черты — белый. Блеск — стеклянный. Прозрачность — прозрачный, полупрозрачный минерал. Спайность — отсутствует. Излом — раковистый, неровный.

Твердость — 5-5,5. Плотность — 2,2-2,3 г/см³. Особые свойства — высокая адсорбционная способность. Главные диагностические признаки — форма кристаллов, цвет, твердость.

Происхождение — гидротермальным путем в пустотах и трещинах вулканических пород. Иногда встречается на месторождениях галенита. Образуется также в магнетитовых скарнах вместе с магнетитом.

Применение — практического значения не имеет.

Натролит $Na_2[Al_3Si_2O_{10}] \cdot 2H_2O$. Название произошло от греческого *patron* — сода и *lithos* — камень, буквально — содовый камень. Форма выделения — кристаллы длиннопризматические, иногда образующие друзы. Часто встречается в радиально-лучистых агрегатах и зернистых массах, может также образовывать тонковолокнистые и землистые агрегаты.

Цвет — бесцветный, белый, желтоватый, красноватый, охряно-желтый, кирпично-красный. Черта — белая. Блеск — стеклянный, перламутровый, шелковистый. Прозрачность — прозрачный, полупрозрачный кристалл. Спайность — совершенная в двух направлениях по граням призмы. Излом — раковистый.

Твердость — 5-5,5, хрупкий. Плотность — 2,2-2,5 г/см³. Особые свойства — высокая адсорбционная способность. Растворяется в соляной кислоте. Главные диагностические признаки — форма кристаллов, цвет, блеск, твердость, растворение в соляной кислоте.

Происхождение — гидротермальное, в пустотах базальтов, а также нефелин-сиенитовых пегматитах, в виде шпреуштейна — продукта изменений нефелина, состоящего из натролита и гидроксидов алюминия.

Применение — практического значения не имеет.

Ход работы

1. Изучить минералы — отдельных представителей классов.

1.1. Самородные элементы: графит, сера.

1.2. Сульфиды: пирит, халькопирит, цинковая обманка, галенит.

1.3. Галоидные соли: сильвин, галит, флюорит.

1.4. Оксиды: кварц, халцедон, опал, гематит, магнетит, лимонит.

1.5. Соли кислородных кислот: карбонаты (кальцит, доломит, малахит); сульфаты (гипс, ангидрит); фосфаты (апатит, фосфорит); силикаты (оливин, диопсид, авгит, роговая обманка, тальк, змеевик, асбест, мусковит, биотит, вермикулит, каолинит, монтмориллонит; группа полевых шпатов (ортоклаз, микроклин, амазонит, лабрадор). Возможно дополнение списка, исходя из состава учебных коллекций и наличия минеральных образцов.

Усвоение этого материала заключается в приобретении навыков опознавания. Нужно уметь охарактеризовать каждый минерал в его основных чертах.

О каждом минерале надо знать: состав, главные физические и химические свойства (если они характерны), формы, в которых он встречается, породы, в которые он входит (если это породообразующий минерал), роль его в составе грунтов и применение.

Усвоение таких характеристик должно быть настолько твердым и полным, чтобы в конце работы можно было самостоятельно определить принадлежность образца минерала к определенному виду.

Внимательно прочитайте описание минерала, ознакомьтесь на лабораторных образцах с его характерными чертами. Сделайте краткие записи о каждом минерале в лабораторных тетрадях. Описание минерала производить по следующему плану.

План описания минерала:

1. Название минерала и его формула
2. Блеск минерала
3. Твердость
4. Цвет минерала
5. Цвет черты минерала
6. Спайность или излом
7. Удельный вес, г/см³
8. Прочие свойства
9. Диагностика
10. Происхождение (генезис)
11. Значение (породообразующее, полезное ископаемое)
12. Применение
13. Месторождение полезного ископаемого

Найдите в учебных коллекциях те же минералы в других формах и разновидностях.

Покажите записи преподавателю, ответьте на заданные вопросы, касающиеся характеристики минералов, получите и определите контрольные образцы, сделайте записи о них в тетради с подробным описанием обнаруженных свойств.

Минералы изучите в систематическом порядке, группируя их по классам, твердо представляя себе роль каждого класса в земной коре, место и значение каждого минерала в жизни земной коры и практической деятельности человека.

Форма отчетности

Описание минералов по заданному плану (в тетради). Оформленная по заданному плану презентация в формате PowerPoint, представленная в виде доклада. Устное собеседование, тестирование, письменная контрольная работа.

Вопросы для самопроверки

1. Дать общую характеристику минералов класса самородные элементы.
2. Дать общую характеристику минералов класса галоидные соединения.
3. Назовите основные диагностические признаки серы.
4. Назовите основные диагностические признаки графита.
5. Основные диагностические признаки минералов класса карбонаты.
6. Какие минералы изученных классов имеют породообразующее значение?
7. Какое практическое значение имеют окислы с металлическим блеском?
8. Какое практическое значение имеют окислы с неметаллическим блеском?
9. Для каких минералов характерно свойство магнитности?
10. Какое практическое значение имеет пирит?
11. Дайте характеристику классу силикатов.

Лабораторная работа № 5. Изучение магматических горных пород.

Цель работы – получить навык визуального (макроскопического) метода диагностики магматических горных пород по структурно-текстурным особенностям внутреннего строения.

Приборы и материалы

Учебные коллекции магматических горных пород, эталонные образцы магматических горных пород (при наличии), лупа, бинокляр, покровные стекла, простой карандаш, ластик, линейка, тетрадь, ручка.

Общие сведения

Петрография («петра» – скала, камень, «графо» – пишу) – наука, изучающая магматические и метаморфические горные породы, их минеральный и химический состав, структурные и текстурные особенности, геологические условия образования. Раздел петрографии, изучающий состав, структуру, текстуру и генезис осадочных горных пород называется литологией.

Горные породы – это естественные минеральные агрегаты, образующиеся в земной коре и на ее поверхности в ходе различных геологических процессов, отличающиеся определенным строением, физическими свойствами и геологическими условиями образования.

Каждая горная порода образует в земной коре тело объемной формы (слой, линза, массив, поток и т.д.), имеет определенный вещественный состав и обладает специфическим внутренним строением.

Вещественный состав горных пород характеризуется химическим составом и минеральным составом. Химический состав характеризуется количественным соотношением химических элементов, входящих в состав породы. Минеральный состав показывает, в каких соединениях находятся эти химические элементы, т.е. из каких минералов состоит горная порода. Но при одном и том же химическом валовом составе горные породы могут иметь различный минеральный состав. Поэтому при диагностике горной породы определяющее значение имеет её минеральный состав.

По минеральному составу горные породы бывают мономинеральными, состоящими преимущественно из одного минерала, и полиминеральными, состоящими из нескольких минералов. В обоих случаях различают главные породообразующие минералы и второстепенные, или акцессорные. Главные породообразующие минералы определяют тип горной породы, наличие или отсутствие акцессорных минералов является важной промышленной характеристикой горной породы.

Внутреннее строение горной породы характеризуется структурой и текстурой. Структура горной породы характеризует степень ее кристалличности, абсолютные и относительные размеры минеральных зерен, а также форму и взаимоотношения минералов, слагающих породу. Под текстурой понимают сложение горной породы, т.е. расположение минеральных зерен в породе.

Все основные характеристики горных пород (форма залегания, вещественный состав, внутреннее строение) определяются их происхождением.

Горные породы, содержащие полезные компоненты, извлечение которых экономически целесообразно (экономически выгодно), называются полезными ископаемыми. Экономическая целесообразность определяется условиями на руду.

Кондиции – совокупность требований промышленности к качеству минерального сырья.

Горные породы, вмещающие месторождение полезного ископаемого или заключенные среди него, называются пустыми породами. Данное понятие является условным, т.к. в одних случаях данный минерал или порода может быть полезным ископаемым, в других – пустой породой. Например, известняки добываются самостоятельно для нужд черной металлургии, цементного производства, а известняки, являющиеся пропластками на угольных месторождениях, идут в отвал, т.к. разрабатывать их вместе с углем нецелесообразно.

Полезные ископаемые, вовлеченные в сферу производства, называют минеральным и топливно-энергетическим сырьем.

По физическим свойствам полезные ископаемые бывают:

- 1) твердыми (уголь, рудные и нерудные полезные ископаемые),
- 2) жидкими (нефть, минеральные воды),
- 3) газообразными (горючие и инертные газы).

В основу современной петрографической классификации горных пород положен генетический принцип, который дополняется классификационными признаками, относящимися к химическому и минеральному составу горных пород, их структурно-текстурной характеристике и физическим свойствам.

По своему происхождению все горные породы подразделяются на три большие группы:

1. Магматические, или изверженные горные породы – связанные с процессами магматической деятельности;
2. Осадочные – образующиеся на земной поверхности в результате деятельности различных экзогенных факторов;
3. Метаморфические – образующиеся в результате преобразования магматических и осадочных горных пород.

Распространение пород неодинаково. Подсчитано, что литосфера на 95 % сложена из магматических и метаморфических пород и только 5 % составляют осадочные породы. В то же время осадочные горные породы покрывают 75 % земной поверхности и только 25 % ее занято магматическими и метаморфическими породами.

Во всех этих случаях горные породы называются грунтами. Грунт – это любая горная порода, почва, техногенные образования, используемые как основание, среда или материал для возведения зданий и сооружений.

Определение горной породы. При определении горной породы по внешним признакам основное внимание необходимо уделять строению (структуре) и сложению (текстуре). После того, как установлены особенности внутреннего строения горной породы, необходимо определить ее твердость. Затем рассматривается минеральный состав. Каждая группа горных пород характеризуется определенной группой основных минералов, присутствие которых в данной породе является обязательным. Отсутствие хотя бы одного из основных минералов приводит к изменению названия горной породы. Присутствие или отсутствие второстепенных минералов на название горной породы не влияет. Затем необходимо обратить внимание на цвет горной породы. Окраска горной породы обусловлена цветом минералов, входящих в состав горной породы. Таким образом, по цвету горной породы можно судить о ее минералогическом составе.

Определение горных пород необходимо начинать с определителя горных пород (Таблица 10). Подробное описание горных пород дано в описательной части.

Таблица 10 – Определитель горных пород

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы
1. Структура зерни- стая	Образец оставляет цара- пину на стекле. Состав неоднородный.	1. Березит. Цвет белый, светло-серый, желтоватый. Структура мелкозернистая. Текстура массивная. Характерна рассеянная вкрапленность пирита.
		2. Габбро. Основные минералы – серый и светло-серый плагиоклаз (от лабрадора до битовнита) и черный иногда с бронзовым оттенком пироксен, иногда роговая обманка, редко черная слюда – биотит. Пироксен представлен преимущественно авгитом. Кварц отсутствует. Второстепенную роль играют оливин и магнетит. Цвет темно-серый до черного. Порода тяжелая.
		3. Гранит. Состоит из полевого шпата (зёрна красного, желтого, белого цвета, поверхности раскола ровные, гладкие), кварца (стекловидные зерна белого, серого, черного цвета, поверхности скола неровные), слюды (белая, черная поверхность, сильно блестящая, кончиком перочинного ножа легко расщепляется на тонкие пластинки), иногда роговой обманки (удлиненные зерна темно-зеленого или черного цвета). В породе преобладают зерна полевого шпата, каждое третье зерно является кварцем.
		4. Диорит. Основной минерал – плагиоклаз и роговая обманка, реже пироксен (авгит) и черная слюда. Кварца нет или очень мало. Иногда встречается калиевый полевой шпат. Окраска диорита серая, темно-серая, зеленовато-серая. Структура мелко-тонкозернистая.
		5. Нефелиновый сиенит. Основные минералы – полевой шпат и нефелин. Кварц отсутствует. Могут присутствовать в небольшом количестве роговая обманка, пироксены, черная слюда – биотит. Нефелин представлен зернами красновато-бурого, кирпично-красного или серого цвета с жирным блеском. На выветренной поверхности наблюдается белёсая плёнка вторичных продуктов, при полном выщелачивании на месте зерен нефелина образуются характерные каверны и полости («оспинная» поверхность). Порода твердая.
		6. Пегматит. Минералогический состав соответствует граниту. Структура гиганто-зернистая или пегматитовая.
		7. Перидотит. Состоит из оливина и пироксена (авгита). Кварц и полевые шпаты отсутствуют. Оливин представлен желтовато-зелеными зернами с неровной поверхностью излома, пироксен – черными таблитчатыми зернами авгита с ровными плоскостями спай-

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы
		ности. Цвет темно-зеленый, темно-серый или черный.
	Состав однородный	<p>1. Базальт. Цвет черный, темно-серый, выветренный базальт ржаво-бурого цвета. Основная масса плотная скрытокристаллическая или мелкозернистая, иногда стекловатая. Текстура массивная, реже пористая, пузыристая, шлакообразная. Порода тяжелая.</p>
		2. Диабаз. Тонкозернистая плотная порода. Цвет темно-зеленый. Излом неровный.
		4. Дунит. Структура мелко- или среднезернистая. Тяжелый. Состоит из оливина. Цвет светлый желтовато-зеленый, чаще темно-зеленый до черного. Поверхности зерен гладкие. При выветривании покрывается с поверхности бурой корочкой.
		5. Кварцит. Структура тонко- и мелкозернистая, с характерным «сахарным» изломом. Состоит из кварца. Цвет различный.
		6. Песчаник. Грубый на ощупь. Представляет собой сцементированный песок. Цвет различный. Цемент различный. В отличие от кварцита имеет меньшую прочность.
		7. Пироксенит. Цвет черный. Состоит из пироксена (авгита). Структура средне- и крупнозернистая. Тяжелый.
	Не царапает стекло	1. Листвениг. Цвет яблочно-зеленый, серовато- или желтовато-зеленый. Сильный алмазный блеск. Структура равномерно-мелкозернистая. Текстура массивная или пятнистая.
		2. Мрамор. Цвет различный. Излом зернистый. Состоит из кальцита. Бурно реагирует с 10%-ной HCl.
		3. Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.
2. Структура порфи- ровая	На плотном фоне основ- ной массы горной поро- ды выделяются вкрап- ленники (порфиры) более или менее крупных зерен	<p>1. Андезит. Цвет темно-серый или черный. Порфиновые выделения представлены плагиоклазом, обычно свежим и белым (в отличие от порфиритов), хорошо заметным на общем сером фоне. Порода шероховатая на ощупь.</p> <p>2. Кварцевый порфир. Цвет бурый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Порфиновые вкрапленники представлены кварцем. Порода твердая.</p>

Структурно-текстурные особенности	Диагностические признаки	Название горной породы
	отдельных минералов	3. Липарит. Цвет белый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Основная масса скрыто-кристаллическая или стекловатая. Порфиновые вкрапленники представлены полевыми шпатами, кварцем и биотитом. Порода твердая. 4. Порфирит. Цвет темно-серый или темно-зеленый. Порфиновые вкрапленники плагиоклаза в отличие от вкрапленников андезита кажутся мутными, грязно-серыми.
3. Структура обломочная	Порода состоит из обломков минералов различной величины, формы, цвета, сцементированных плотной массой Состав разнородный.	1. Брекчия. Крупные остроугольные обломки (щебень, дресва) сцементированы в общую массу. Цемент различный. 2. Конгломерат. Крупные окатанные обломки (галька, гравий) сцементированы в общую массу. Цемент различный. 3. Песчаник. Грубый на ощупь. Представляет собой сцементированный песок. Цвет различный. Цемент различный. В отличие от кварцита имеет меньшую прочность.
4. Структура оолитовая	Порода состоит из мелких сцементированных шариков округлой скорлуповатой формы	1. Боксит. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, белый. Цвет оолитов несколько темнее основной массы. Легкий. Средней твердости. 2. Оолитовый известняк. Цвет белый. Состоит из сцементированных мелких шариков. Вскипает при действии 10%-ной HCl.
5. Текстура плотная	Порода характеризуется тесным расположением зерен в породе, без каких-либо свободных промежутков между ними Образец оставляет царапину на стекле.	1. Обсидиан. Стекловидный. Излом раковистый. Цвет черный, бурый, сургучный. Не прозрачный. 2. Опока. Цвет серый, желтоватый, зеленоватый, пятнистый, темно-серый и черный. Порода легкая, пористая – липнет к языку, крепкая. Излом раковистый, с острыми краями обломков. 3. Яшма. Окраска яркая, как однородная, так и многоцветная в одном куске. Твердость высокая. Излом ровный или раковистый. Осколки острые, с режущими краями. Блеск на свежей поверхности матовый.
	Образец не царапает стекло	1. Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.
	Образец горит	1. Бурый уголь. Цвет бурый, черный. Пачкает руки. Порошок бурый, темно-бурый, коричневатый.

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы
		<p>2. Каменный уголь. Цвет черный. Плотный, но нередко хрупок, легко раскалывается по многочисленным трещинкам на толстые плитки или прямоугольные бруски. Черта черная.</p> <p>3. Антрацит. Цвет черный со стально-серым, желтоватым (золотистым) или красноватыми оттенками. Блеск сильно металлический, иногда с пестрой побежалостью. Излом раковистый, полураковистый или неровный.</p>
	Образец не горит	<p>1. Аргиллит. Порода камнеподобная, очень плотная. Отдельность остроугольно-кусковатая, с неровным изломом. Не размокает в воде.</p> <p>2. Боксит. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, белый. Глиноподобный, тощий на ощупь. Не дает с водой пластичной массы. Легкий.</p> <p>3. Известняк. Цвет белый, светло-серый, желто-бурый, зеленоватый, темно-серый и черный. Порода каменистая, прочная. Текстура однородная, слоистая, иногда пористая, кавернозная. Твердость средняя. Излом неровный. Бурно вскипает в 10%-ной HCl.</p> <p>4. Мергель. Порода каменистая, плотная, мелоподобная. Обладает плитчатой отдельностью. Структура тонкозернистая. Текстура слоистая. Цвет белый, светло-серый, желтоватый или зеленоватый, темно-серый, буроватый или красноватый, иногда окраска пестрая, меняющаяся послойно. Твердость низкая или средняя. Бурно вскипает под воздействием 10%-ной HCl, образуя мутные пузыри, капля кислоты после реакции оставляет на его поверхности грязное пятно.</p>
6. Текстура земли- стая	Порода легко растирается между пальцами	<p>1. Диатомит. Цвет белый, светло-серый или желтоватый. Порода легкая, рыхлая, напоминает муку. Однородная или слоистая. С соляной кислотой не реагирует.</p> <p>2. Трепел. Цвет белый, светло-серый или желтоватый, темно-серый до черного. Твердость низкая. Порода рыхлая, пористая, землистая или кусковатая, но весьма слабо связанная. С соляной кислотой не реагирует.</p> <p>3. Глина. В сухом состоянии землистая, кусковатая, легко рассыпается, в сыром состоянии липкая, пластичная, при высыхании твердеет. Цвет различный.</p> <p>4. Мел. Цвет белый, сероватый, желтоватый или зеленоватый. Порода микрозернистая тонкопористая, мягкая, «тощая» на ощупь. Легко крошится и пачкает пальцы. Бурно реагирует с 10%-ной HCl.</p>
7. Текстура пористая,	-	1. Базальт. Цвет черный, темно-серый, выветренный базальт ржаво-бурого цвета. Ос-

Структурно-текстурные особенности	Диагностические признаки	Название горной породы
ноздреватая, ячеистая		новная масса плотная скрытокристаллическая или мелкозернистая, иногда стекловатая. Текстура пористая, пузыристая, шлакообразная. Порода тяжелая.
8. Строение зернисто–сланцеватое	Чередование полос зернистого и сланцеватого сложения	<p>1. Гнейс. Структура мелко-, средне- или грубозернистая, чешуйчатозернистая. Текстура сланцеватая, параллельнополосчатая. По минеральному составу похож на гранит. От гранита отличается полосчатой текстурой.</p> <p>2. Магнетитовый сланец. Магнетит (черный, магнитный), скреплённый кварцем.</p> <p>3. Железистый сланец. Гематит (вишнёво-красный), скреплённый кварцем.</p> <p>4. Слюдяной сланец. Белая или черная слюда, скреплённая кварцем.</p> <p>5. Хлоритовый сланец. Чередуются слои, состоящие из хлорита зеленого цвета с шелковистым блеском и кальцита белого цвета (вскипает при действии 10%-ной HCl).</p> <p>6. Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.</p>
9. Текстура сланцеватая	Легко колется на плитки	<p>1. Глинистый сланец. Цвет различный. Легко распадается на плитки. Не размокает в воде. Тусклый. Если подышать на него издает землистый запах.</p> <p>2. Горючий сланец. Легко распадается на плитки. В сухом виде порода загорается от спички и горит коптящим пламенем, испуская своеобразный запах, напоминающий запах битума (жженой резины).</p> <p>3. Слюдяной сланец. Состоит из белой или черной слюды. Легко расщепляется кончиком перочинного ножа на тонкие упруго-гибкие пластинки.</p> <p>4. Филлит. Легко распадается на плитки. Цвет серый, зеленоватый, красноватый, бурый, черный. Поверхности сланцеватости блестящие благодаря наличию тонких чешуек минерала серицита и имеют шелковистый блеск.</p> <p>5. Хлоритовый сланец. Окраска породы – зеленая, различных оттенков, с шелковистым блеском. Легко раскалывается.</p>
10. Порода состоит из растительных остатков	-	1. Торф. Цвет бурый, желтый. Состоит из изменённых растительных остатков. Очень легкий. В сухом состоянии загорается от спички.

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы
11. Порода состоит из раковин морских животных	-	<p>1. Известняк-ракушечник. Порода представляет скопление сцементированных ракушек. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.</p> <p>2. Коралловый известняк. Порода представляет скопление сцементированных рифовых построек кораллов: сетчатые, решетчатые, волокнистые. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.</p> <p>3. Нумулитовый известняк. Порода представляет скопление сцементированных остатков нуммулитов, имеющих округлую форму, напоминающих монету. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.</p> <p>4. Фузулиновый известняк. Порода представляет скопление сцементированных мельчайших остатков фузулин, имеющих продолговатую форму и напоминающих внешним видом и размерами зёрна ржи. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.</p>
12. Несцементированные (нескрепленные) обломки		<p>1. Валун. Окатанные обломки различного состава и цвета размером больше кулака.</p> <p>2. Галечник. Окатанные обломки различного состава и цвета размером от лесного ореха до кулака.</p> <p>3. Глыба. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером больше кулака.</p> <p>4. Гравий. Окатанные обломки различного состава и цвета размером от горошины до лесного ореха.</p> <p>5. Дресва. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером от горошины до лесного ореха.</p> <p>6. Песок. Обломки различного состава и формы размером меньше горошины.</p> <p>7. Щебень. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером от лесного ореха до кулака.</p>

Магматические горные породы образуются в результате остывания и кристаллизации магмы, они также называются изверженными горными породами. Магма может застывать в глубине земной коры под покровом вышележащих пород, на земной поверхности или недалеко от поверхности.

Магматические породы, образовавшиеся в глубоких недрах земли, называются интрузивными, или глубинными породами. Интрузивные породы в зависимости от глубины застывания магмы разделяются на два вида:

- абиссальные породы, образовавшиеся на значительной глубине,
- гипабиссальные (полуглубинные) породы, которые затвердели на сравнительно небольшой глубине. По условиям залегания и структуре являются переходными от интрузивных пород к эффузивным.

При излиянии магмы на поверхность образуются эффузивные, или излившиеся породы. Процесс излияния магмы на поверхность называется эффузией. При эффузии, в связи с изменением температуры и давления, начинается бурное выделение газов, растворенных в магме, часто сопровождающееся взрывами. Магма, излившаяся на поверхность и потерявшая свою газовую составляющую, называется лавой. Выделяющиеся из лавы газы могут ее вспенивать, образуя многочисленные пузыри, сохраняющиеся при затвердевании вещества. Пузырьки газа, имеющие вначале правильные шаровидные очертания, в процессе движения лавы вытягиваются и приобретают удлиненную форму. Так образуется пузырчатая текстура.

В дальнейшем полости газовых пузырей могут быть заполнены минералами, образовавшимися не в процессе кристаллизации магмы, а вторичными, в результате выпадения из гидротермальных растворов, проникших в уже застывшую лаву. В результате на фоне темно-серой породы выделяются округлые, несколько вытянутые, напоминающие форму миндаля, светлые пятна включений таких минералов водного происхождения (кальцита или аморфного кремнезема). В связи с чем структура и получила название – миндалевидная или миндалекаменная.

Быстро снижающаяся температура лавы создает условия, при которых одновременно кристаллизуются многие минералы. Быстрое затвердевание вещества не позволяет кристаллам расти, и они образуются в виде мелких зачаточных форм, различимых под микроскопом. При этом значительная часть вещества лавы превращается в аморфную или стекловатую массу. Такая структура породы называется скрытокристаллической.

При очень быстром остывании лавы процесс кристаллизации может совсем не начаться, и тогда порода будет полностью состоять из вулканического стекла – обсидиана. Обычно это черная, темно-серая или красновато-бурого (сургучного) цвета порода с раковистым изломом, очень похожая на темно-окрашенный кварц – морион, с характерной стекловатой структурой.

Эффузивные породы по степени изменения разделяются на две категории:

- сильно измененные породы носят название палеотипных (иногда их называют палеовулканическими),

-слабоизмененные – кайнотипные (неовулканические).

Эти названия связаны с тем, что измененные лавы и туфы имеют облик как бы древних пород (независимо от их действительного возраста), а слабо измененные – облик молодых пород.

Химическая классификация горных пород. Генетический принцип классификации горных пород дополняется классификационными признаками, относящимися к химическому и минеральному составу горных пород.

В основу химической классификации горных пород положено процентное содержание кремнекислоты SiO_2 . На этом основании принято условное разделение магматических пород на следующие группы:

1) ультраосновные менее – 45 % SiO_2 ;

2) основные – от 45 % до 52 % SiO_2 ;

3) средние – 52–65 % SiO_2 ;

4) кислые – 65–75 % SiO_2 ;

5) в отдельную группу выделяются щелочные породы, характеризующиеся значительным содержанием щелочей (до 20 %) и меньшим по сравнению с кислыми породами количеством SiO_2 (около 40–55 %).

Особенности внутреннего строения магматических горных пород: структура и текстура.

Внутреннее строение горной породы характеризуется структурой и текстурой.

Под структурой горной породы понимают совокупность признаков, которые характеризуют степень ее кристалличности, абсолютный и относительный размер минеральных зерен, слагающих горную породу. Структура имеет важное значение для выяснения процессов образования магматических горных пород, т.к. главным образом зависит от условий кристаллизации магмы. На характер структуры оказывает влияние также состав магмы, определяющий порядок кристаллизации минералов.

По степени кристаллизации различают следующие структуры:

1) полнокристаллические – порода полностью состоит из кристаллов различных минералов;

2) неполнокристаллические – порода представляет собой стекловатую нераскристаллизовавшуюся массу, на фоне которой хорошо выделяется некоторое количество мелких кристаллов отдельных минералов;

3) стекловатые – все вещество породы представлено вулканическим стеклом.

Полнокристаллические структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, неполнокристаллические и стекловатые структуры характерны для эффузивных горных пород.

По абсолютному размеру минеральных зерен различают структуры:

1) гигантозернистые – размеры минеральных зерен превышают 1 см;

2) крупнозернистые – размеры минеральных зерен колеблются от 1 до 0,3 см;

3) среднезернистые – размеры минеральных зерен от 0,3 до 0,1 см;

4) мелкозернистые – размеры минеральных зерен от 0,1 до 0,05 см;

5) скрытокристаллические (афанитовые) – размер минеральных зерен не различим даже в лупу.

Выявление структур по абсолютному размеру минеральных зерен имеет важное генетическое значение, так как абсолютная величина кристаллов напрямую зависит от условий кристаллизации. Гигантозернистые, крупно-, средне- и мелкозернистые структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, скрытокристаллические – для основной массы эффузивных горных пород.

По относительному размеру минеральных зерен различают структуры:

1) равномернозернистые – все зерна определенного минерала имеют одинаковые размеры;

2) неравномернозернистые – один и тот же минерал образует зерна разного размера.

Разновидностью неравномернозернистых структур являются порфировидные и порфиновые структуры:

-порфировая – структура, в которой кристаллы отдельных минералов (порфиры) резко выделяются крупными размерами из основной массы. Характерна для эффузивных пород, в которых на афанитовом или очень мелкозернистом фоне выделяются крупные вкрапленники минеральных зерен (порфиры);

-порфировидная– крупные вкрапленники минеральных зерен (порфиры) рассеяны на фоне основной мелко-, средне- или крупнозернистой массы.

Наличие подобной структуры указывает на специфические условия кристаллизации, вызвавшие усиленное развитие определенного минерала.

Среди прочих структур интрузивных пород выделяются следующие структуры:

1) пегматитовая;

2) пойкилитовая.

Пегматитовая структура образуется при одновременной кристаллизации двух минералов, закономерно прорастающих друг друга. Примером такой структуры является письменный гранит, или еврейский камень, при образовании которого происходила одновременная кристаллизация полевого шпата и кварца. Зерна кварца имеют форму узкого клина, уголка, треугольника, угловатой скобки, каплевидную, червеобразную. В целом они образуют рисунок, напоминающий древние письма, отсюда и название породы – письменный гранит, еврейский камень.

Пойкилитовая структура характеризуется прорастанием одного крупного минерала мелкими зернами других минералов.

Текстура характеризует сложение горной породы, т.е. отражает расположение минеральных зерен в породе. Образование текстур обусловлено как внутренними процессами кристаллизации магмы, так и влиянием внешних факторов.

Среди текстур, обусловленных внутренними факторами, различаются три главных вида:

- 1) массивная (однородная);
- 2) такситовая (шлировая);
- 3) сферическая (шаровая).

Массивная текстура характеризуется тем, что в любой части породы зерна минералов располагаются равномерно и беспорядочно, без какой-либо ориентировки. Такое сложение породы возникает, когда условия кристаллизации магмы одинаковы на значительном пространстве. Самая распространенная текстура магматических горных пород.

Такситовая (шлировая) текстура характеризуется тем, что отдельные участки породы отличаются друг от друга по составу или по структуре.

Образуется следующим образом:

1) Путем скопления в определенных участках минералов, выделившихся в первые этапы кристаллизации магмы. Такие скопления определенных минералов называются шлирами.

2) В результате захвата магмой обломков вмещающих пород, отличающихся по составу от магматической породы. Такие обломки чуждых пород, переработанные магмой, называются ксенолитами.

Сферическая (шаровая) по своей неоднородности близка к такситовой. Характеризуется тем, что минералы в породе располагаются в виде концентрических слоев, около некоторых центров. Образование текстуры связано с периодами перенасыщения магмы то одним, то другим компонентом, которые и отлагаются в виде слоев.

Под влиянием внешних факторов образуются ориентированные текстуры. В породах с ориентированными текстурами минеральные зерна располагаются параллельно какому-нибудь направлению.

Гнейсовидная текстура наблюдается в полнокристаллических интрузивных породах. Возникает под воздействием одностороннего давления, а также вследствие течения магмы вдоль контактовой поверхности, параллельно какому-нибудь направлению или плоскости.

Флюидальная текстура характерна для эффузивных пород. В породах с такой текстурой сохраняются направления течения лавы, в виде параллельного расположения микроскопических кристаллов.

По способу заполнения пространства выделяются следующие текстуры: плотная, пористая, миндалекаменная и др.

Плотная текстура характеризуется тесным расположением зерен в породе, без каких-либо свободных промежутков между ними.

Пористая характеризуется присутствием в породе пустот сферической или неправильной формы. Такая текстура встречается в эффузивных породах. Пустоты возникают от газов, выделившихся при кристаллизации.

В том случае, когда пустоты заполнены вторичными минералами, они носят название миндалинов и текстура таких пород называется миндалекаменной.

ОПИСАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Группа ультраосновных пород. Группа перидотита (бесполевошпатные горные породы ультраосновного состава – ультрабазиты, или гипербазиты)

Магматические горные породы ультраосновного состава характеризуются отсутствием кварца и полевого шпата. Содержат около 40–45 % SiO_2 .

Богаты окислами железа и магния при полном отсутствии глинозема и щелочей. Все ультраосновные породы тяжелые, удельный вес около 3,0–3,4 г/см³. Состоят исключительно из цветных минералов: оливина, пироксена и роговой обманки. Окраска темно-зеленая, буровато-черная до черной. Второстепенными и акцессорными минералами являются: хромит, ильменит, самородная платина и др.

Ультраосновные породы преимущественно глубинные и представлены перидотитами, дунитами, пироксенитами и горнблендитами. Перидотиты, дуниты и пироксениты имеют интрузивное залегание и встречаются в виде штоков, образуя небольшие массивы. Излившиеся аналоги образуются редко. К ним относятся пикриты и пикритовые порфириты. На территории СНГ они встречены в Сибири, в бассейне реки Хатанги. Своеобразными породами, родственными пикритам, являются алмазоносные кимберлиты Якутии и ЮАР. Они состоят из обломков ультраосновных и вмещающих пород и минералов: оливина, диопсида, бронзита, флогопита, пиропы, хромита, ильменита, хлорита и др.

По сравнению с другими магматическими породами ультраосновные имеют небольшое распространение, но очень важное промышленное значение. К ним приурочены все крупнейшие месторождения хрома (Кемпирсайский ультраосновный массив в Актюбинской области). С ультраосновными горными породами генетически связаны платина и металлы платиновой группы – иридий, осмий, палладий, родий, обособляющиеся в магме в виде шлировых выделений. С перидотитами связаны сульфидные руды никеля и меди.

В процессе выветривания ультраосновных пород образуются важные в промышленном отношении силикаты никеля – ревденскит и гарниерит. Силикатные никелевые руды расположены в Ревдинском и Уфалейском районах Среднего Урала и на Аккермановском месторождении Южного Урала. Важнейшим процессом вторичного изменения ультраосновных пород является серпентинизация – превращение оливина в серпентин (или змеевик). Все поверхностные выходы ультраосновных пород в той или иной степени изменены и часто полностью превращены в серпентин. Серпентин, возникший при изменении оливина, имеет петельчатую текстуру, а серпентин, образующий псевдоморфозы по ромбическим пироксенам, крупнопластинчатую. Горные породы, состоящие из серпентина, называются серпентинитами. Массивы серпентинитов, как правило, окружают выходы ультраосновных пород. Ультраосновные породы и продукты их изменения – серпентиниты – широко распространены на Урале. Некоторые уральские серпентиниты используются в качестве декоративного и поделочного камня.

Продуктами гидротермальной переработки ультраосновных пород являются важные в промышленном отношении месторождения асбеста, талька и магнезита. Крупнейшие месторождения асбеста на Урале (Баженовское), в Восточном Саяне (Ильчирское), на Северном Кавказе (Лабинское), месторождения талькового камня и магнезита (район Халилово на Южном Урале) генети-

чески связаны с ультраосновными горными породами и залегают в серпентинитах.

Помимо содержания важных металлических и неметаллических руд, ультраосновные породы сами используются как огнеупорное сырье (дунит).

В крупных геологических структурах все ультраосновные породы входят в состав сложных интрузивных комплексов и тесно связаны с основными породами группы габбро и образуют промежуточные породы – габброперидотиты, габбро-пироксениты.

ДУНИТ Структура мелко- или среднезернистая, реже крупнозернистая. Текстура массивная, час-то афанитовая (плотная, «сливная»). Минеральный состав: состоит исключительно из одного оливина. Часто содержит магнетит, хромит, иногда платину. Цвет желтовато-зеленый, при разрушении оливина (серпентинизации) становится темно-зеленым и черным. Тяжелый. Удельный вес более 3 г/см³. Очень крепкая и вязкая глубинная магматическая порода. Имеет интрузивное залегание и встречается в виде штоков, образуя массивы небольшой площади. Диагностика: темная окраска, отсутствие в составе породы полевого шпата и кварца, высокий удельный вес. На поверхности выветривания дунит, как правило, покрыт желто-бурой железистой коркой.

С дунитами связаны многочисленные месторождения платины, никеля и кобальта. Дуниты Урала служат источником для образования платиноносных россыпей. Дунит как горная порода используется как огнеупорное сырье.

Ультраосновные горные породы и продукты их изменения – серпентиниты – широко распространены на Урале (Кытлымское месторождение дунита на Среднем Урале в 40 км от г. Карпинска), в меньшей степени в Восточном Саяне, Туве, на Северном Кавказе, в Закавказье.

ПЕРИДОТИТ. Название породы происходит от старого названия оливина «перидот». Структура полнокристаллическая, среднезернистая. Текстура массивная. Состоит из оливина и пироксена при преобладании оливина. Оливин присутствует в виде желтовато-зеленых зерен неправильной формы, пироксен таблитчатого вида, почти черный, с металловидным блеском. В породах нередко содержится хромит, магнетит и ильменит. Характерные, хотя редко встречающиеся минералы – алмазы и самородная платина. Цвет темно-зеленый, темно-серый до черного. Удельный вес более 3 г/см³ (тяжелые). Порода твердая, очень крепкая и вязкая. Глубинная магматическая порода.

Формы залегания: интрузивные тела (массивы) небольшой площади, линзообразные и изометричные с крутым наклоном контактов, штоки. Диагностика: темная окраска, отсутствие в составе породы полевого шпата и кварца, высокий удельный вес.

С перидотитами связаны сульфидные руды никеля и меди. Магнетитовые перидотиты содержат ванадий и титан и могут использоваться как природно-легированные железные руды. Неметаллические полезные ископаемые, связанные с продуктами изменения перидотитов, представлены тальком, тальково-карбонатными породами (тальковым камнем) и хризотил-асбестом. Кимберлитовые алмазоносные трубки генетически связаны с перидотитами.

Крупнейшие месторождения асбеста на Урале (Баженовское), в Восточном Саяне (Ильчирское), на Северном Кавказе (Лабинское), месторождения талькового камня и магнезита (район Халилово на Южном Урале).

Силикатные никелевые руды расположены в Ревдинском и Уфалейском районах Среднего Урала и на Аккермановском месторождении Южного Урала.

ПИРОКСЕНИТ – название получил по минеральному составу. Структура средне-крупнозернистая. Текстура массивная. В минеральном составе пироксен резко преобладает над оливином. Цвет черный. Удельный вес более 3 г/см^3 (тяжелые). Порода твердая, крепкая. Глубинная магматическая порода. Пироксениты обычно окружают массивы существенно оливиновых пород – дунитов и перидотитов.

Диагностика: темная окраска, отсутствие в составе породы полевого шпата и кварца, ровные поверхности минеральных зерен пироксена (совершенная спайность авгита), высокий удельный вес. Практическое значение: см. ультраосновные породы.

Группа основных пород Группа габбро-базальта (плагноклазовые горные породы основного состава)

Магматические горные породы основного состава содержат около 45–52 % SiO_2 . Цветных минералов в среднем около 45–50 %, поэтому основные породы темно-зеленого, иногда почти черного цвета. Все основные породы тяжелые, удельный вес их $2,6\text{--}3,27 \text{ г/см}^3$. Они не содержат кварца и калиевого полевого шпата. Главными породообразующими минералами являются основной плагноклаз и пироксен, реже оливин, роговая обманка и биотит.

Глубинные основные породы представлены габбро, норитами и лабрадоритами. К излившимся основным породам относятся базальт и диабаз.

ГАББРО. Название по местности в Северной Италии. Структура полнокристаллическая, мелко-, средне- или крупнокристаллическая, порфирированная (порфирированное габбро). Текстура массивная (массивное габбро), полосчатая (полосчатое габбро). Минеральный состав: плагноклаз (от лабрадора до анортита), пироксен (преимущественно авгит). Иногда присутствует оливин (оливиновое габбро) и роговая обманка (роговообманковое габбро). Кварца нет. Из аксессуарных минералов могут присутствовать магнетит, титаномagnetит, ильменит, хромит, апатит, шпинель, корунд, гранат. Цвет темно-зеленый, темно-серый или черный. Порода тяжелая: удельный вес более 3 г/см^3 . Крепкие и очень прочные: временное сопротивление сжатию от 2 000 до 2 800 кг/см^2 . Глубинная магматическая порода. Формы залегания: штоки, линзы, интрузивные залежи и дайки. Отдельность пластовая или глыбовая.

Диагностика: ассоциация плагноклаза и пироксена или роговой обманки при отсутствии кварца и ортоклаза. Темная окраска. С интрузиями габбро генетически связаны титаномagnetитовые руды, например, Кусинское месторождение в Челябинской области. К основным интрузиям приурочены промышленные сульфидные руды никеля и меди (пирротин, пентландит, халькопирит). Горная порода габбро применяется как строительный камень и материал для наружной облицовки стен зданий, лестниц и т.п.

Интрузии габбро широко распространены на Среднем Урале, в районах Нижнего Тагила и Екатеринбурга, в меньшей степени – на Кавказе, в Карелии, в Забайкалье (Витимское плоскогорье) и др.

БАЗАЛЬТ – от эфиопского «basal» – железосодержащий камень. Структура скрытокристаллическая, стекловатая, порфировая или афировая, мелкозернистая. Текстура массивная, реже пористая, пузыристая, шлакообразная. Минеральный состав различим под микроскопом: нераскристаллизованное вулканическое стекло, густо пропитанное мелкими частицами магнетита, микроскопические выделения основного плагиоклаза, пироксена и оливина, реже – роговой обманки. Цвет темный: темно-серый или черный. Удельный вес близок к 3 г/см^3 . Порода твердая. Разновидности: траппы – базальт с пластовой отдельностью, долерит – крупнозернистый базальт, миндалекаменный базальт (мандельштейн) – базальт, в котором поры заполнены минералами из низкотемпературных растворов (агатом, халцедоном, сердоликом, мелкокристаллическим кварцем, иногда аметистом и др.).

Происхождение вулканическое. Базальты залегают в виде покровов, потоков и куполов, мощность которых на платформах составляет более 1 км, а площади распространения – сотни тысяч км^2 .

Диагностика: для базальта – черная окраска, прочность и вязкость породы, столбчатая, шестигранно-призматическая форма отдельности. Базальт можно спутать с андезитом. Отличие: андезит более шероховатый на ощупь.

Такие полезные ископаемые, как Cu, Ni, Ti, V, Pt, Pd, связаны с базальтами и их производными. С траппами связаны уникальные Cu-Ni месторождения Норильского района. В последнее годы траппы с аналогичным оруденением установлены на Тариме и в Казахстане. С траппами связан ряд промышленных типов месторождений оптического исландского шпата, железных руд (Ангаро-Илимское в Восточной Сибири), высококачественного графита (результат метаморфизма каменных углей в контакте с траппами: м-ие Курейка в Тунгусском бассейне), самородной меди, медноникелевых сульфатных руд. Базальтовые мандельштейны – один из главных источников получения самоцветных камней – агатов, опалов, сердоликов.

Базальтовое литье используется для изготовления кислотоупорных труб, химической аппаратуры и т.п., из траппов и диабазов делают брусчатку для мощения улиц.

Базальты распространены на Алтае, Камчатке, в Армении, Украине, Италии, Исландии. Траппы широко развиты на Сибирской платформе между Леной и Енисеем.

ДОЛЕРИТ (устар. ДИАБАЗ). Структура тонкозернистая. Текстура плотная, массивная. Минералогический состав без микроскопа неразличим. Соответствует минералогическому составу габбро. Цвет темно-зеленый, темно-серый до черного. Удельный вес около 3 г/см^3 . Палеотипная вулканическая порода. Диагностика: плотное тонкозернистое строение, неровный излом. Диабазы в отличие от базальтов более сильно изменены вторичными процессами, в них интенсивно развиты хлоритизация, уралитизация, соссюритизация, альби-

тизация. Благодаря развитию уралита и хлорита они имеют темно-зеленый цвет, поэтому относятся к зеленокаменной фазе.

Формы залегания диабазов – дайки, силы, интрузивные залежи, покровы. Диабазы распространены на Урале, в Карелии, в ряде мест Сибири, на Кавказе, Украине.

Габброидные породы, базальты и диабазы используются как строительный материал (щебень), брусчатка для мощения улиц и в камнелитейной промышленности.

Группа средних пород Группа диорита-андезита (плагноклазовые горные породы среднего состава)

Группа магматических горных пород среднего состава включает в себя небольшое число разновидностей интрузивных пород, которые имеют ограниченное распространение в природе: их доля во всей массе магматических горных пород составляет 1,8 %. По сравнению с основными содержат больше кремнекислоты (52–65 %) и меньше цветных минералов (около 25 %). Удельный вес около 2,7–2,9 г/см³. Главными пороодообразующими минералами являются средний плагноклаз и роговая обманка, реже биотит, пироксен и кварц. В группе средних пород преобладают излившиеся породы над глубинными. Глубинные породы представлены диоритами, излившиеся – андезитами и порфиритами. По внешним признакам средние породы похожи на некоторые разновидности пород группы габбро. Точное разграничение возможно только под микроскопом. В диоритах содержание темноокрашенных минералов – 30–35 %, представлены роговой обманкой, а в габбро – 30–50 %, представлены пироксеном. От кислых эффузивов отличаются отсутствием кварца и более темной окраской. Характерно развитие шлаковых и миндалекаменных разностей. Андезиты и порфириты несколько светлее, чем базальты и диабазы.

ДИОРИТ. Название от греческого «различаю». Структура кристаллически-зернистая, чаще всего мелкозернистая, редко порфировидная. Текстура массивная. Минеральный состав: плагноклаз (50–60 %) таблитчатой формы серо-белого или зеленоватого цвета, роговая обманка (30–35 %). Иногда присутствует пироксен или биотит, возможно содержание кварца до 10 %. Акцессорные минералы: апатит, титанит, магнетит. Цвет серый, темно-серый до черного, иногда с зеленоватым оттенком за счет продуктов изменения. Порода твердая, прочная.

Происхождение магматическое: при дифференциации магмы основного (габброидного) состава. Залегают в виде небольших массивов, штоков, жил.

С диоритами связаны месторождения меди и полиметаллов, но значение их в процессах рудообразования невелико. Употребляются в качестве облицовочного материала, как щебень и бутовый камень.

Диагностика: диорит можно спутать с диабазом. Отличие: в диорите зернистость визуально более различима.

Месторождения облицовочных диоритов известно в районе Алушты (Крым). Диориты встречаются на Урале, Алтае, в Закавказье и других местах.

АНДЕЗИТ. Название по горной цепи Анд в Южной Америке. Структура порфировая или афировая с афанитовой основной массой. Текстура массивная, однородная или пористая, пузыристая, шлаковая. Минеральный состав: нераскристаллизованное вулканическое стекло с вкрапленностью мелких зерен магнетита. Порфировые выделения могут быть представлены темноцветными минералами (суммарное содержание темно-цветных минералов обычно меньше, чем в базальтах), плагиоклазом. Кварц не характерен. Цвет серый, темно-серый до черного, в типичных разностях более светлый, чем у базальта. Удельный вес 2,8–2,9 г/см³ (реже до 3). Твердость высокая.

Происхождение магматическое эффузивное. Форма залегания: лавовые потоки с глыбовой поверхностью, дайки, интрузивные залежи.

Диагностика: можно спутать с базальтом. Отличие: порода на ощупь более шероховатая.

Практическое значение: к зонам распространения андезитов и их туфов приурочены некоторые типы гидротермальных месторождений золота и серебра, связанные с сульфидами железа, цинка, свинца. Как горные породы используются в качестве кислотоупорных материалов. Особенно широко распространены в областях молодой вулканической деятельности.

Месторождения: среди излияний андезитовых лав современных вулканов Камчатки и Курильских островов, Кавказ, Крым (Карадаг), Закарпатье, Дальний Восток.

ПОРФИРИТ (или андезитовый порфирит) по составу, строению и формам залегания аналогичен андезитам, но представляет собой сильно измененные породы. Цвет темно-серый или темно-зеленый. Диагностика: порфировые вкрапленники плагиоклаза в отличие от вкрапленников андезита кажутся мутными, грязно-серыми. Практическое значение: кислотоупорный материал, строительное дело. В результате метаморфических преобразований андезиты, порфириты и их туфы приобретают зеленоватую окраску и становятся труднораспознаваемыми – это так называемые зеленокаменные породы, широко распространенные на Урале и Казахстане.

Порфириты широко развиты среди зеленокаменных пород в областях развития древних вулканических толщ (Урал, Алтай, Восточная Сибирь, Дальний Восток, Средняя Азия и др.).

Группа кислых пород. Группа гранита – риолита (кварцево-полевошпатовые горные породы кислого состава)

Магматические горные породы кислого состава характеризуются высоким содержанием кремнекислоты (выше 65%), незначительным содержанием цветных компонентов (3–12 %) и общей светлой окраской. Удельный вес 2,7 г/см³. Главными породообразующими минералами кислых пород является кварц, калиевый полевой шпат, биотит, реже мусковит и роговая обманка. Глубинные породы кислой магмы широко распространены и встречаются гораздо чаще излившихся. К ним относятся граниты и близкие к ним по составу, структуре и геологическому положению переходные породы к кварцевым диоритам, которые, согласно Ф.Ю. Левинсону-Лессингу, объединяются под общим назва-

нием гранитоидов. Гранитные породы в складчатых областях образуют огромные батолиты, штоки и дайки различных размеров.

ГРАНИТ. Название от лат. «granum» – зерно. Структура кристаллически-зернистая, в зависимости от размера зерен полевых шпатов и кварца: мелкозернистая (1–2 мм), среднезернистая (3–5 мм) или крупнозернистая (до 1 см и более). Нередко порфиоровидная. Текстура массивная. Минеральный состав: полевые шпаты – 60–65 % (ортоклаз и плагиоклаз), кварц 25–30 % и темноцветные минералы – 5–10 % (биотит, реже – роговая обманка).

Кварц ксеноморфен, встречается в виде серых, белых или дымчатых зерен со стеклянным блеском. Полевые шпаты таблитчатой или неправильной формы белого, серого, розового до мясо-красного цвета. Полевые шпаты представлены микроклином, ортоклазом и кислым плагиоклазом. Биотит образует мелкие пластинчатые кристаллы черного цвета. Наиболее распространенными являются граниты с биотитом – биотитовые граниты, реже встречаются биотит-мусковитовые (двуслюдяные) и мусковитовые граниты. Наряду с биотитом в гранитах иногда присутствует роговая обманка. Цвет гранитов зависит от цвета полевого шпата: серый, желтоватый, розовато-серый до розового и мясо-красного. Твердость высокая. В свежем виде граниты весьма крепкие породы: временное сопротивление сжатию 1 200–1 800 кг/см². Отдельность матрацевидная.

По структурно-текстурным особенностям различают следующие разновидности: порфиоровидный гранит – содержит удлиненные вкрапленники ортоклаза или микроклина и кварца, отличающиеся по размерам от минералов основной массы (иногда достигают 5–10 см), пегматоидный гранит – равномерно-зернистая гранитная порода с размером минеральных зерен полевого шпата и кварца 2–3 см, гнейсовидный гранит – равномерно- и мелкозернистый гранит, в котором наблюдается общая грубопараллельная ориентировка чешуек слюды или призматических зерен роговой обманки, рапакиви, или финляндский гранит – порфиоровидный гранит, в котором обильные округлые вкрапленники красного ортоклаза величиной 3–5 см окружены каймой серого или зеленовато-серого олигоклаза, а основной массой служит агрегат зерен ортоклаза, плагиоклаза, кварца, биотита и роговой обманки. Они сравнительно легко разрушаются при выветривании, отсюда и происходит их название («рапакиви» – в переводе с финского «гнилой камень»). Широко используются как красивый облицовочный материал.

На Урале встречаются гранитоидные породы, по внешнему виду не отличающиеся от гранитов. Особенностью их состава является почти полное отсутствие калиевого полевого шпата. Такие породы получили название в нашей стране плагиогранитов.

Происхождение магматическое: продукт кристаллизации кислой магмы в глубинных зонах земной коры. Многие ученые считают, что часть древних гранитов образовалась не путем внедрения и кристаллизации кислой магмы, а путем гранитизации. Под гранитизацией понимается метасоматическое преобра-

зование осадочно-метаморфических пород под влиянием магматогенных растворов в глубоких зонах земной коры.

С гранитной магмой генетически связаны пегматитовый, пневматолитовый и гидротермальный процессы минералообразования и рудообразования. С гранитами связано большинство месторождений олова, вольфрама, молибдена, висмута, тантала, бериллия и др. Как горные породы применяются в строительстве в виде щебня, бутового камня, в качестве облицовочного материала, в скульптуре. Гранит наиболее широко распространенная в земной коре изверженная порода.

Месторождения: Бердяушский массив гранита-рапакиви в Башкирии, Украина, Карелия, Ю. Якутия и др. Наибольшей славой пользуются граниты Украины и Карелии. На Украине граниты разрабатываются в Житомирской (Лезниковское, Крошнянское, Соколовогорское), Винницкой (Жежелевское), Киевской и др. областях. Ими облицованы многие здания Москвы, в Челябинске – здание областного краеведческого музея, железнодорожный вокзал. Граниты Карелии разрабатываются в основном по восточному побережью Онежского озера.

ЛИПАРИТ. Название по Липарским островам в Италии, синоним – риолит (от лат. «рео» – теку, за флюидальную текстуру). Является слабоизмененным излившимся аналогом гранита. Измененные (палеотипные) разности липарита носят название кварцевого порфира. Порода плотная или пористая с мелкими вкрапленниками зерен кварца, полевых шпатов.

Структура порфировая. Основная масса скрытокристаллическая или стекловатая. Порфировые вкрапленники представлены полевыми шпатами, кварцем и биотитом. Липариты могут иметь флюидальную текстуру. Цвет липаритов зависит от цвета основной массы, обычно белый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Минеральный состав соответствует граниту. Порода твердая.

Диагностика: липарит больше всего похож на кварцевый порфир. Отличается тем, что поверхность кристаллов полевых шпатов в липарите большей частью блестящая, а в кварцевом порфире – матовая. Происхождение магматическое (вулканическое). Практическое значение: строительный камень.

Липариты встречаются на Сев. Кавказе (район Минеральный вод и Пятигорска, горы Машук, Бештау, Кинжал, Змейка, Железная и др.), в Крыму (Карадаг), Армении, Азербайджане, на Камчатке (современные вулканы).

КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР. Сильно измененный палеотипный аналог гранита. Структура порфировая. Порфировые вкрапленники представлены кварцем. Текстура массивная. Цвет бурый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Минеральный состав соответствует граниту. Порода твердая.

Диагностика: от липаритов отличается степенью измененности. Происхождение магматическое (вулканическое). Залегает в виде потоков, покровов.

Строительный материал. Некоторые алтайские кварцевые порфиры используются как декоративный материал. Месторождения известны на Южном Урале, Алтае и др.

ОБСИДИАН. Название от лат. «камень Обсиуса», по имени римлянина, который впервые вывез породу из Эфиопии. Структура стекловатая. Текстура однородная или пятнистая, полосчатая, флюидальная или брекчевидная. Обсидиан – кислое вулканическое стекло, содержащее более 70 % SiO_2 и не более 1 % H_2O . Цвет серый, черный, красновато-бурый. Блеск стеклянный, глянцевый. Излом раковистый. Твердость высокая (царапает стекло). Удельный вес 2,2 г/см³.

Диагностика: обсидиан можно спутать с морионом. Отличие: обсидиан непрозрачный.

Происхождение вулканическое, результат быстрого остывания лавы кислого состава.

Древние люди считали, что обсидиан – продукт деятельности самой преисподней, поэтому в Закавказье местное название породы в переводе звучит как «обломки когтей самого сатаны». В Америке некоторые разновидности этого цветного камня называют слезы апачей.

Практическое значение: поделочный и декоративный камень. Порода известна человечеству с глубокой древности, являлась объектом широкой торговли и обмена. Особо ценились острые края обломков при изготовлении предметов военного и мирного назначения – наконечников стрел и копий, ножей.

Месторождения: в районах развития молодого кислого вулканизма (Дальний Восток, Закавказье, Закарпатье и др.).

Щелочные горные породы

Характеризуются повышенным содержанием калия и натрия по отношению к алюминию. В их составе не хватает кремния для образования алюмосиликатов типа полевых шпатов, поэтому для щелочных пород характерно содержание нефелина. При резком недостатке кремния породы можно было бы отнести к ультраосновным, так как содержание SiO_2 в них доходит до 35 %, чаще 40–50 %. Но по своему минеральному составу породы резко отличаются от обычных ультраосновных пород – перидотитов и дунитов. Щелочные породы обычно светлоокрашенные и имеют небольшой удельный вес: 2,7–2,8 г/см³. Имеют небольшое распространение: примерно 0,4 % от всех магматических пород, но очень важное практическое значение. С щелочными породами генетически связаны месторождения апатита, нефелина, корунда, различных силикатов циркония и магнетитовых руд. Пегматиты щелочных интрузий богаты редкими и редкоземельными элементами (циркон, монацит, пироксенолор, эвдиалит и др.).

НЕФЕЛИНОВЫЙ СИЕНИТ. Назван по составу (сиенит, содержащий нефелин). Структура полнокристаллическая, средне-, крупнозернистая. Текстура массивная, полосчатая. Состав: калиевые полевые шпаты (60–70 %), нефелин (20 %), темноцветные минералы (эгирин, щелочные амфиболы, иногда биотит). Акцессорные минералы: апатит, сфен, циркон, эвдиалит, астрофиллит и др. Нефелиновые сиениты отличаются непостоянством химического и минерального состава, вследствие чего различают следующие разновидности: хибинит – крупнозернистый нефелиновый сиенит пегматоидной структуры, фойяит – ро-

говообманковый или пироксеновый нефелиновый сиенит), мариуполит – разновидность богатая альбитом и почти не содержащая калиевого полевого шпата, миасскит – слюдяной (биотитовый) нефелиновый сиенит с параллельно-полосчатой текстурой.

Щелочные породы могут быть также представлены разностями, состоящими только из нефелина и эгирина. Порода, содержащая до 15 % эгирина называется уртит. Цвет светло-серый с зеленоватым или красновато-желтоватым, на выветренной поверхности часто с голубоватым оттенком. Порода твердая, прочная, твердость более 5. Удельный вес 2,5–2,8 г/см³. Происхождение магматическое глубинное. Продукт кристаллизации щелочной магмы.

Диагностика: светлая окраска, ассоциация полевых шпатов и нефелина, отсутствие кварца, на выветренной поверхности нефелиновых сиенитов характерны углубления («оспинки»), образующиеся при разрушении нефелина, который в отличие от полевого шпата и кварца легче поддается химическому выветриванию. Практическое значение обусловлено высоким содержанием нефелина.

При содержании Al₂O₃ более 23% нефелиновые сиениты становятся рудой на алюминий. С ними связаны важные месторождения апатита, редкоземельных элементов, циркона, титановых руд.

Месторождения: крупнейшая щелочная провинция мира Хибинские горы на Кольском п-ове, Ильменские и Вишневые горы на Урале, Украина, Туркестанский хребет в Средней Азии, Восточный Саян, на Дальнем Востоке.

Жильные горные породы

Различные по составу интрузии часто сопровождаются образованием жильных пород. Особенно распространены жильные породы кислой магмы.

Жильными они называются потому, что встречаются преимущественно в виде жил и даек, выполняющих трещины, как в интрузивных породах, так и в породах кровли. Химический и минеральный состав жильных и интрузивных пород часто сходный, так как жильные породы обычно являются гипабиссальной фацией интрузивных пород.

Жильные породы порфировой структуры, в основном мелкозернистые, называются гранит-порфирами, сиенит-порфирами, габбро-порфиритами в зависимости от состава.

Лейкократовые («лейко» – светлый, белый, приставка к названию магматических горных пород, указывающая, что порода состоит преимущественно из светлоокрашенных минералов по сравнению с нормальным типом соответствующей породы) мелкозернистые породы, в которых преобладают светлые минералы, называются аплитами. Аплиты состоят из кварца, калиевого полевого шпата и кислого плагиоклаза, иногда содержат мусковит. Окраска их белая, розовая до мясо-красной. Светлые крупнозернистые жильные породы называются пегматитами. Наиболее распространены гранитные пегматиты, и меньше – щелочные пегматиты.

Меланократовые жильные породы, состоящие в основном из темно-цветных минералов (роговой обманки, биотита и пироксенов), называются лампрофирами. Это мелкозернистые плотные породы темно-зеленого или черного цвета. С лампрофирами часто бывает связано оруденение.

ПЕГМАТИТ ГРАНИТНЫЙ. Название от греческого «крепкая связь», по свойственным пегматитовой структуре тесным взаимопрорастаниям кварца и полевого шпата. Главные типы структур: гранитовая, письменная (собственно пегматитовая), блоковая. Пегматит гранитовой структуры – это крупно- или грубозернистая гранитная порода, в которой полевой шпат образует изометричные зерна размером 1–3 см, кварц располагается между ними.

В пегматите письменной структуры кварц образует систему вростков внутри относительно крупных моноблоков полевого шпата. Размер кварцевых вростков от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Они имеют форму узкого клина, уголка, треугольника, угловатой скобки, каплевидную, червеобразную. В целом они образуют рисунок, напоминающий древние письма.

Пегматит блоковой структуры характеризуется относительно крупными мономинеральными обособлениями (блоками) полевого шпата и кварца размером обычно от 10 до 30 см и более.

Главные типы текстур: массивная, участковая и зональная. Участковая текстура характеризуется распределением структурных разновидностей пегматитов в виде различных по форме участков, зональная – в виде параллельных полос (зон). Главные минералы: полевые шпаты и кварц в соотношениях 2:1 или 3:1, второстепенные – биотит, мусковит, турмалин и др. Некоторые пегматиты содержат пустоты (занорыши) с нарощими на их стенках кристаллами топаза, берилла, горного хрусталя.

Цвет пегматита зависит от цвета полевого шпата: белый, серый, розовый, желтоватый, зеленый (амазонитовый).

Диагностика: крупнозернистая и гигантозернистая структура, графические разности, жильная форма залегания.

Практическое значение: по характеру рудоносности гранитные пегматиты подразделяются на четыре типа: редкоземельный, мусковитовый, редкометальный и хрусталеносный. Служат важнейшими источниками керамического сырья, пьезооптических минералов, слюды, самоцветов, редких металлов (лития, тантала, цезия, бериллия и др.).

Месторождения: Вишневогорское в Челябинской области, Карелия, Забайкалье, Восточная Сибирь.

Ход работы

Задание 1. Характеристика групп магматических пород от кислых до ультраосновных (Таблица 11).

1.1. Выяснить, какие изменения минералогического состава происходят по направлению от кислых к ультраосновным породам:

- а) По содержанию светлоокрашенных и темноцветных минералов;
- б) По содержанию кварца;

Таблица 11 – Классификация магматических горных пород

Условия образования и формы залегания		Структура и текстура	более светлоокрашенные (белый, красноватый, серый, иногда зеленоватый) ← ЦВЕТ →		более темноокрашенные (зеленоватый, зеленовато-серый, темно-серый до черного)			
			ПОЛЕВОШПАТОВЫЕ			БЕСПОЛЕВОШПАТОВЫЕ		
			К В А Р Ц Е В Ы Е		БЕСКВАРЦЕВЫЕ			
			Кислые 75-65% SiO ₂		Средние 65-52% SiO ₂		Основные 52-45% SiO ₂	Ультраосновные менее 45% SiO ₂
эффузивные	вулканические конусы купола и щиты покровы потоки лавовые обелиски и иглы (пики) дайки некки	структура · стекловатая · скрытокристаллическая текстура · пористая · флюидальная	КИСЛЫЕ И ОСНОВНЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ СТЕКЛА: ОБСИДИАН, ПЕМЗА, ПЕРЛИТ И ДР.				ПИКРИТ КИМБЕРЛИТ	
		структура · неполнокристаллическая, стекловатая · скрытокристаллическая, микрокристаллическая, мелкозернистая · порфировая текстура · пористая · миндалекаменная · массивная · флюидальная · линейная	ЛИПАРИТ (палеотипный аналог кварцевый порфир)	ТРАХИТ (трахитовый порфир)	АНДЕЗИТ (порфирит)	БАЗАЛЬТ (диабаз, спилит)		
интрузивные	гипабиссальные лакколиты силлы штоки дайки некки магм. жилы магм. диапиры	структура · полнокристаллическая, · микрокристаллическая, мелко-, среднезернистая · порфировидная текстура · массивная · полосчатая	ГРАНИТОВЫЙ ПОРФИР	СИЕНИТОВЫЙ ПОРФИР	ДИОРИТОВЫЙ ПОРФИР	ДИАБАЗ ГАББРО-ПОРФИРИТ	ПИКРИТОВЫЙ ПОРФИР	

	абиссальные	батолиты штоки	структура · полнокристаллическая, · мелко-, средне-, крупно-, гигантозернистая · равномернозернистая <u>текстура</u> · массивная полосчатая	ГРАНИТ	СИЕНИТ	ДИОРИТ	ГАББРО	ПИРОКСЕНИТ	ПЕРИДОТИТ	ДУНИТ	
			Минералогический состав	КВАРЦ 25-30%	ортоклаз микроклин альбит олигоклаз 65-70%	< 5%	ортоклаз и микроклин альбит андезин 75% более	< 6%	преимущественно плагиоклазы – андезин, лабрадор 60-65%	–	плагиоклазы – лабрадор, битовнит, анортит 50% и более
			ТЕМНОЦВЕТНЫЕ МИНЕРАЛЫ	5-10% слюды реже амфиболы	10-20% слюды реже амфиболы	30-35% амфиболы реже пироксены	35-50% пироксены реже амфиболы				

- в) По составу полевых шпатов;
- г) По составу темноцветных минералов.

1.2. Указать, какие изменения структуры происходят по направлению от интрузивных к эффузивным породам:

- а) По степени кристалличности;
- б) По абсолютной величине кристаллов;
- в) По относительной величине кристаллов.

1.3. Определить, какие изменения текстуры происходят по направлению от интрузивных к эффузивным породам (определить текстурные различия интрузивных и эффузивных пород).

1.4. Выявить изменение цвета по направлению от кислых к ультраосновным породам.

Задание 2. Характеристика структур магматических пород.

2.1. По образцам габбро и диабазов выполнить сравнительную зарисовку их структур.

2.2. По образцам порфирированного гранита и порфирита выполнить сравнительную зарисовку их структур.

Задание 3. Определение-диагностика магматических горных пород.

Произвести определение и описание десяти образцов магматических горных пород из раздаточного набора. Описание выполнить по плану (см. ниже).

При диагностике горной породы основное внимание уделяют структурно-текстурным особенностям и ее минеральному составу. Полнокристаллические структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, неполнокристаллические и стекловатые структуры – для эффузивных горных пород. Тип структуры по абсолютной величине кристаллов определяется по преобладающим размерам кристаллов, а не по отдельным минеральным зернам. Например, если преобладают зерна размером 2 мм над отдельными зернами в 4–5 мм, структура называется среднезернистой, если преобладают последние над первыми – крупнозернистой. Гигантозернистые, крупно-, средне- и мелкозернистые структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, скрытокристаллические – для основной массы эффузивных горных пород.

Основные виды текстур магматических горных пород следующие:

- 1) массивная – характеризуется беспорядочным расположением минералов в массе породы;
- 2) пятнистая – образуется при неравномерном распределении светлых и темных минералов в объеме породы;
- 3) полосчатая – темные и светлые минералы концентрируются в виде чередующихся полос;
- 4) пузыристая – характеризуется наличием пустот от пузырьков газа. В зависимости от размеров и количества полостей в породах различают пузыристые и пенистые текстуры;

5) миндалекаменная – поры и пустоты в горной породе благодаря вторичным процессам минералообразования заполняются каким-либо минералом (чаще всего кальцитом или разновидностями кремнезема);

6) флюидальная – со следами течения вещества в виде потокообразного расположения кристаллов и стекла.

У каждой глубинной магматической горной породы имеются излившиеся аналоги, тождественные по химическому и минералогическому составу и отличающиеся лишь условиями образования и в соответствии с этим – строением.

План описания магматических горных пород:

1. Название
2. Структура
3. Текстура
4. Цвет
5. Минеральный состав
6. Твердость
7. Удельный вес
8. Разновидности (если есть)
9. Происхождение
10. Практическое значение. Применение
11. Месторождения (МПИ)
12. Диагностика

Форма отчетности

Выполненные и оформленные в тетради для лабораторных работ задания.
Устное собеседование, тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Дифференциация магмы как причина разнообразия магматических пород.
2. Назовите главные магматические породы разных групп от кислых до ультраосновных.
3. Дайте общую характеристику ультраосновным горным породам.
4. Каковы основные текстуры магматических горных пород?
5. В чем заключается практическое значение изучения магматических горных пород?
6. Что понимается под структурой магматических горных пород?
7. Что показывает текстура магматических горных пород?
8. Почему выявление структур по абсолютному размеру минеральных зерен является важным генетическим признаком?
9. Какие полезные ископаемые связаны с ультраосновными горными породами?
10. Какие полезные ископаемые связаны с щелочными горными породами?
11. Какие полезные ископаемые связаны с кислыми горными породами?

12. Что означает понятие «пустая порода»?
13. Чем обусловлен цвет гранита?
14. Какое современное практическое значение имеет базальт как горная порода?

Лабораторная работа № 6. Изучение осадочных горных пород

Цель работы – получить навык визуальной (макроскопической) диагностики осадочных горных пород.

Приборы и материалы

Учебная коллекция осадочных горных пород, бинокляр, лупа, предметные стекла, 10%-й раствор соляной кислоты, рабочая тетрадь, ручка, карандаш, линейка, ластик.

Общие сведения

Осадочные горные породы образуются в результате разрушения и последующего отложения продуктов выветривания магматических, метаморфических и осадочных горных пород.

В поверхностной зоне литосферы под влиянием колебаний температуры, воздействий воды, ветра, деятельности живых организмов происходит разрушение горных пород. Процесс, представляющий собой совокупность действия физического разрушения и химического разложения горных пород, называется выветриванием. Различают физическое (или механическое) и химическое выветривание. Физическое выветривание заключается в механическом разрушении горных пород, химическое выветривание представляет собой химическое разложение минералов и образование новых продуктов, устойчивых в зоне выветривания. Процессы физического и химического выветривания взаимосвязаны и протекают одновременно, но в зависимости от физико-географических условий может преобладать либо физическое, либо химическое выветривание.

Продукты выветривания могут оставаться на месте своего разрушения. В этом случае в результате физического выветривания образуются элювиальные отложения, а в результате химического – остаточные образования.

Основная же масса продуктов разрушения горных пород переносится поверхностными текучими водами. Водные потоки переносят продукты выветривания в виде твердых частиц и в растворенном состоянии. В связи с этим и отложение материала происходит в виде твердых механических осадков и в результате выпадения из раствора (химические и биохимические осадки). Но отложенные осадки еще не являются горными породами. Они должны пройти стадию уплотнения и цементации – диагенеза.

Классифицируются осадочные горные породы по генетическому и минералогическому признакам. По генетическим признакам, т.е. по условиям образования, все осадочные горные породы подразделяются на три группы:

1. Обломочные (механические или кластические) породы. Образуются из механических осадков. Классификация обломочных пород основана на величине и форме обломков и степени их сцементированности. Поэтому осадочные

обломочные породы одного и того же названия (глыба, валун, щебень, галечник, дресва, песок и т.д.) могут иметь различные химический и минеральный состав. Обломочные осадочные породы составляют 1,7 % от объема земной коры.

2. Химические (хемогенные) породы. Образуются из химических осадков истинных или коллоидных растворов. Выпадение осадка из растворов зависит главным образом от концентрации растворенных солей и температуры раствора. К химическим породам относятся также глинистые породы (породы коллоидального происхождения). В отличие от обломочных глинистые породы состоят не из обломков магматических, метаморфических и осадочных пород, а из новых минералов, образовавшихся в результате химического выветривания. Глинистые породы представляют собой очень тонкозернистые (размер зерен меньше 0,01 миллиметра) образования. На долю глинистых пород приходится 4,2 % объема земной коры.

3. Органогенные (биогенные) породы. Образуются благодаря жизнедеятельности организмов или вследствие отмирания морских организмов и накопления их скелетов в осадках на дне водоемов.

Значительная группа осадочных горных пород образуется в результате одновременного действия химических и биогенных процессов. Такие породы называют биохимическими.

Химический состав осадочных горных пород является более разнообразным, чем исходных магматических и метаморфических пород. Это объясняется весьма тонким разделением продуктов разрушения пород и переходом в раствор их составных частей.

Минеральный состав осадочных пород характеризуется присутствием тех минералов, которые являются устойчивыми в зоне осадконакопления или образуются при экзогенных процессах. К ним относятся кварц, халцедон, опал, минералы группы каолина, силикаты железа, марганца, алюминия. Характерными являются карбонаты, галоидные соединения и сульфаты. Кроме минерального вещества осадочные породы часто содержат скелетные остатки организмов в виде окаменелостей.

Цвет осадочных пород является важным признаком, характерным для их определения, и зависит:

- 1) от цвета минералов, слагающих породу;
- 2) от цвета примесей, рассеянных в породе;
- 3) от цвета тончайшей корочки, покрывающей зерна минералов, слагающих породу.

Белый и светло-серый цвета обусловлены окраской главных минералов осадочных пород: кварца, каолина, кальцита, доломита.

Черный и темно-серый цвета чаще всего обусловлены примесью красящего углистого вещества или солями марганца и сернистого железа. Указывают на резко восстановительную среду и наличие органического материала. Типичны для отложений области гумидного климата.

Красный и розовый цвета обычно связаны с примесью в породе окислов железа. Также часто эти цвета свидетельствуют о формировании осадков в условиях жаркого климата. Например, известняк красного цвета образовался в окислительной обстановке в аридном или гумидном климате. Но чаще всего в условиях жаркого и влажного климата.

Зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствии соответственно окрашенных минералов: глауконита, иногда хлорита, малахита и др.

Желтый и бурый цвета связаны с присутствием в породе лимонита.

Для уточнения цвета породы необходимо использовать добавочные обозначения окраски, например: зеленовато-серый, коричневатобурый и т.д. При этом основной цвет следует ставить на второе место. Например, «зеленовато-серая глина» необходимо понимать как глина серого цвета с зеленоватым оттенком.

При определении цвета осадочной породы необходимо учитывать степень ее увлажнения, так как влажность изменяет оттенки цвета. Например, в сухом состоянии глина может иметь зеленовато-серый цвет, а в состоянии влажности приобретает яркий зеленый. Кроме того, при описании цвета осадочной породы часто приходится встречаться не только со сложными оттенками, но и с причудливым распределением окраски в породе. Например, на фоне основного цвета могут выступать пятна или разводы сложного рисунка иного цвета. Лучше всего такие детали просматриваются во влажном состоянии.

Важное значение при диагностике осадочной породы имеет установление её удельного веса, которое возможно в лабораторных условиях, но в некоторых случаях может быть выполнено и приблизительно. Например, по внешнему виду достаточно сложно отличить гипс от ангидрита. Но разницу между ними в удельном весе возможно обнаружить сравнительным взвешиванием на руке обломков одинакового размера (гипс – 2,4 г/см³, ангидрит – 2,9 г/см³).

Под структурой осадочных обломочных горных пород понимают размер и форму частиц, слагающих породу.

По величине обломков среди осадочных пород выделяют следующие группы:

- 1) грубообломочные (псефитовые), размер частиц более 2 мм;
- 2) песчаные (псаммитовые), размер частиц от 2 до 0,1 мм;
- 3) пылеватые (алевритовые), с частицами от 0,1 до 0,01 мм;
- 4) глинистые (пелитовые), с частицами менее 0,01 мм.

По форме обломков:

- 1) угловатые (неокатанные);
- 2) округло-угловатые (полуокатанные);
- 3) округло-полированные (окатанные).

По величине зерен среди песчаных пород выделяют:

- 1) грубозернистые (более 1 мм);
- 2) крупнозернистые (1–0,5 мм);
- 3) среднезернистые (0,5–0,25 мм);
- 4) мелкозернистые (0,25–0,1 мм).

Для пород химического и органогенного происхождения структуры различают по размерам кристаллов или зерен и по составу организмов, слагающих породу:

1) равно- и разнозернистую в зависимости от соотношения зерен по размеру;

2) оолитовую, в которой зерна имеют форму округлых стяжений различного размера;

3) брекчевидную, при которой порода состоит из крепко спаянных между собой остроугольных обломков;

4) биоморфная – органогенная порода сложена хорошо сохранившимися организмами;

5) детритусовая – порода представлена обломками скелетов организмов.

По характеру взаимного расположения частиц в осадочных породах выделяются следующие текстуры:

1. Беспорядочная, при которой составляющий породу материал расположен без какого-либо порядка и как бы перемешан. Характерна для морены, грубообломочного конгломерата, гравелита.

2. Слоистая, слагающий осадочную породу материал изменяется по минеральному составу, по величине зерен, по окраске породы.

Иногда некоторые особенности строения осадочных пород хорошо выделяются не в отдельных маленьких кусках, а в целых пластах или толщах этих пород. Такие текстуры называются макротекстурами. К ним относятся:

1. Слоистость.

Различают:

-прямую, или параллельную, указывающую на то, что накопление осадков происходило в спокойной обстановке и состав отложенного материала одинаков на значительной площади;

-косую, или перекрестно-волнистую, характеризующую отложение осадков в обстановке воздушных или водных течений.

2. Ископаемая рябь.

Различают:

- ветровую рябь, характеризующуюся уплощенностью и несимметричностью своих гребешков;

-рябь течений, похожую на ветровую рябь, но большей амплитуды;

- волновую рябь, отличающуюся симметричностью и острыми вершинами гребешков.

Правильное описание ряби помогает выяснить условия образования породы.

3. Трещины усыхания, наблюдаются на поверхности глинистых пород.

4. Отпечатки сохраняются на поверхности песка или ила. Это могут быть следы выпавшего в прошлое геологическое время дождя или града в виде округлых углублений, окруженных приподнятым крутым краем, следы ползающих животных и др.

Важными текстурными признаками в осадочных горных породах являются относительное количество зерен и цемента, а также расположение зерен в цементе. Цемент – это масса тонкозернистого или аморфного материала, скрепляющая отдельные более крупные зерна. Различают цемент, образовавшийся одновременно с отложением осадка, и цемент, возникший после образования породы в результате осаждения солей из циркулирующих через нее растворов. По составу цемент может быть: алевроитовый, глинистый, известковый, железистый, кремневый, песчаный и др. Многие породы получают название согласно составу цемента (например, песчаник железистый). Характер цемента влияет на прочность и твердость осадочных пород.

Известковый цемент в органогенных породах также указывает на теплую воду и тропический и субтропический климат. Определяется по реакции с 10%-м раствором соляной кислоты.

Кремнистый цемент указывает на глубоководную зону моря, низкую температуру воды и холодный климат умеренных широт.

Одним из основных внешних признаков в осадочных горных породах является пористость, которая имеет также важное прикладное значение в гидрогеологии, инженерной и нефтяной геологии.

По степени пористости выделяют следующие породы:

- 1) плотные, в которых пористость не заметна на глаз;
- 2) мелкопористые, в которых можно различить мелкие частые поры;
- 3) крупнопористые, величина пор колеблется от 0,5 до 2,5 мм;
- 4) кавернозные, крупные поры представляют собой сложные пустоты – каверны, образовавшиеся на месте выщелачивания отдельных участков породы.

ОПИСАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Обломочные (кластические) горные породы

Обломочные осадочные горные породы подразделяются на рыхлые (сыпучие, несцементированные) и на компактные (сцементированные и уплотненные).

Несцементированные обломочные породы

ГЛЫБЫ. Угловатые обломки размером более 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества. Диагностика: для глыбы характерны угловатая форма и большие размеры обломков, несцементированность. Строительный материал.

ВАЛУНЫ. Окатанные обломки размером более 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества. Диагностика: для глыбы характерна окатанная (округлая) форма и большие размеры обломков, несцементированность. Строительный материал.

ЩЕБЕНЬ. Угловатые обломки размером от 10 до 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества. Диагностика: для щебня характерна остроугольная форма обломков, несцементированность. Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий.

ГАЛЕЧНИК. Окатанные обломки размером от 10 до 100 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества. Диагностика: для галечни-

ка характерна окатанная (округлая) форма обломков, нецементированность. Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий. В настоящее время широко используется в ландшафтном дизайне.

ДРЕСВА. Угловатые обломки размером от 1 до 10 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества. Диагностика: для дресвы характерна остроугольная форма обломков, нецементированность. Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий.

ГРАВИЙ. Окатанные обломки размером от 1 до 10 мм. Состав и цвет непостоянный, зависит от исходного вещества. Диагностика: для гравия характерна окатанная форма обломков, нецементированность. Материал для железнодорожных насыпей, для бетонных смесей и шоссейных покрытий.

ПЕСКИ И АЛЕВРИТЫ. Размеры обломков от 1 до 0,01 мм. Состав и цвет непостоянные. Состоят главным образом из зерен кварца (кварцевые пески и алевриты) или полевого шпата (аркозовые пески и алевриты), иногда в виде примеси содержат минерал глауконит (глауконитовые пески). Диагностика: сыпучесть, размер обломков. Применяются в строительстве (изготовление бетона, силикатных кирпичей), в шлифовальном деле, в дорожном строительстве, в стекольной и керамической промышленности и др. Крупным месторождением стекольного и хрустального песка является Люберецкое (Московская обл.). Богатейшие залежи песков открыты в Элисте (Калмыкия), поселке Степное Красноармейского района Челябинской области и др.

Цементированные обломочные породы

БРЕКЧИЯ. Структура обломочная. Крупные остроугольные обломки, цементированные в сплошную массу. Текстура массивная, цементированная. Цемент может быть глинистым, известковым, кремнистым, железистым, битуминозным. Диагностика: от конгломерата отличается формой обломков. Среди брекчий выделяют несколько типов различного генезиса. К осадочным породам относятся брекчии, в которых остроугольные обломки разного состава цементированы однородным цементом. Брекчии, в которых обломки разной величины обычно имеют однородный состав с цементом, являются результатом оползневых процессов. Брекчии, в которых обломки различных пород скреплены цементом неоднородным по составу в разных частях породы, называются тектоническими. Обломки разбиты трещинами в результате давления при тектонических движениях. Как на обломках, так и в цементе тектонических брекчий часто встречаются плоскости (зеркала) скольжения – гладкие блестящие поверхности, покрытые продольными бороздками. Брекчии тектонического происхождения нельзя относить к осадочным породам и следует рассматривать как тектонические образования. Брекчии используются как строительный материал.

КОНГЛОМЕРАТ. Структура обломочная. Крупные окатанные обломки, цементированные в сплошную массу. Текстура массивная, цементированная. Цемент может быть глинистым, известковым, кремнистым, железистым, битуминозным. Диагностика: от брекчии отличается формой обломков. Используется как строительный материал.

ЛЁСС. Название от нем. Löss – обрыв, в связи со способностью породы образовывать специфические формы рельефа – устойчивые отвесные обрывы, глубокие каньоны с вертикальными стенками. Синоним – алевролит (греч. «мука»). Пылеватая порода, состоящая из неразличимых невооруженным глазом обломочных частиц размером 0,1–0,05 мм. Легкий, пористый. Светло-желтый или светло-бурый. Очень мягкий, легко растирающийся пальцами в тонкий порошок, присутствия песчинок при этом не ощущается. На ощупь сухой. Под действием 10%-й HCl вскипает. Углекислая известь концентрируется в лёссе в виде фигурных желвачков – «журавчиков». В воде размокает. При насыщении подземными водами происходит движение всей массы (лёсс + вода) в направлении действия напорного градиента. Этот процесс получил название пływучести, а грунты, насыщенные водой и обладающие этим свойством, называют пływунами. Диагностика: легко определяется по указанным выше физическим свойствам, поведению в воде и взаимодействию с 10%-ной HCl.

По вопросу о происхождении лёсса имеется несколько теорий. Наибольшим признанием пользуется теория академика В.А. Обручева, называемая эоловой теорией (Эол – бог ветра в древней Греции). Согласно данной теории, в образовании лёссовых толщ главная роль принадлежит ветру, который переносит и откладывает пылеватые частицы, образующиеся в результате выветривания горных пород. Кроме этого, разработаны теория ледниково-эолового лёсса (П.А. Тутковский), теория пролювиального и делювиального слоистого лёсса (А.П. Павлов), почвенная теория (Л.С. Берг). Вероятнее всего, что лёсс образуется в результате многообразных геологических процессов в различных климатических условиях.

Распространен на территориях, окаймляющих пустыни Средней Азии.

В юго-западной и южной части России залегает непосредственно под почвами в виде мощного пласта. Почва, образующаяся на лёссах, обладает при искусственном орошении большим плодородием. Высокая пористость лёсса и способность течь при напитывании водой (пływун) создают большие проблемы при строительстве инженерно-технических и промышленных сооружений.

ПЕСЧАНИК. Цементированный песок. Цемент может быть глинистым, известковым, кремнистым, железистым, битуминозным. Цвет различный. Диагностика: грубый на ощупь. Используется как строительный материал. Кварцевые песчаники – сырье для стекольной, абразивной, керамической, металлургической промышленности. Месторождения: Черемшанское в Бурятии, Люберцы, Лыткарино, Татарово, Жилино, Котельники (Московская область), Ульяновская, Саратовская области (Поволжье), и др. районах России и стран СНГ.

*Коллоидно-осадочные породы
группа глинистых пород*

ГЛИНЫ (ПЕЛИТЫ) – наиболее тонкодисперсные осадочные породы (размер обломков менее 0,01 мм). По минеральному составу среди глин выделяют каолиновые, монтмориллонитовые, бентонитовые, полимиктовые и другие разновидности. Глины, содержащие большое количество каолинита, называются жирными, а содержащими примесь кварца, халцедона, опала, окис-

лов железа – тощими. Примеси, главным образом железа, придают глинам разнообразные окраски, но преимущественно – красно-бурые, серые, желтовато-бурые.

Каолинистая глина и каолин. Название – по хребту Као-Лин в Китае, где в древности добывали белую глину для фарфора. В сухом виде кусковатая, слабосвязанная, реже – прочная порода. Отличается светлой окраской (белой, желтовато-белой, светло-серой), на ощупь жирная, пачкает руки, размокает в воде, почти не разбухая. Высоко огнеупорная (температура обжига 1670° – 1730°).

Происхождение остаточное – на месте выветривания полевошпатовых пород – и осадочное (переотложенное) – при отложениях в водных бассейнах.

Запасы высококачественного каолина в мире ограничены. Сырьевая база каолинов в России сосредоточена на Урале и представлена месторождениями первичных каолинов: Кыштымское, Еленинское и Журавлиный Лог.

Крупнейшее месторождение высококачественного белого каолина – Журавлиный Лог в Пластовском районе Челябинской области – стало востребованным через 70 лет после своего открытия. После распада Советского Союза рыночные отношения заставили Южно-Уральские заводы приступить к разработке месторождения керамического сырья всего в 40 км от города Пласта. Месторождение с поэтичным названием Журавлиный Лог разрабатывается открытым способом ЗАО «Пласт-Рифей», дает треть выпускаемого в России обогащенного каолина. Предприятие ЗАО «ПластРифей» образовалось в 1991 г. За качество и продвижение своей продукции на фарфоровом и керамическом рынке предприятие «Пласт-Рифей» было удостоено золотой медали Всероссийского Выставочного Центра. Качество белой глины определяется специальными приборами по степени ее белизны. Показатель белизны каолина из Журавлиного Лога достигает 83 %. Каолин с таким качеством используют фарфоровые заводы Южноуральска, Сысерти, знаменитая Гжель и далее зарубежье (Иран). Добывают каолин также недалеко от города Кыштыма в Челябинской области, Воронежской области, на Украине, в Грузии. Чистый каолин является лучшим сырьем для керамической и фарфоровой промышленности, для производства высококачественного фарфора, фаянса, тонкой керамики. Каолин используется так же для производства бумаги. Каолинистые глины – производство огнеупорного кирпича.

Монтмориллонитовая глина. Названа по составу. Синоним – сукновальная глина. Цвет белый или светло-серый, с желтоватым или зеленоватым оттенком. Твердость низкая, чертится ногтем, иногда слабо просвечивает в тонких сколах. Излом часто раковистый. Легкоплавкая. Во влажном состоянии – липкость или моющие свойства. Ярко выражена способность поглощать воду, жиры, различные пигменты и органические примеси, резко усиливающаяся, если глину обработать серной или соляной кислотой. Разновидности различаются по составу и взаимодействию с водой: бентонитовая глина, или бентонит, сильно разбухает в воде (в 8–10 раз), жадно впитывает воду и образует желеобразную массу; флориновая глина (синоним – отбеливающая земля) не разбухает и не размокает в воде, обладает моющими свойствами. Диагностика: светлая

окраска, восковидный облик, низкая твердость, липкость или моющие свойства во влажном состоянии. Происхождение: остаточный продукт химического выветривания основных и ультраосновных магматических пород, вулканических туфов, известняков, доломитов и других пород, богатых кальцием, магнием, железом. Применяется в легкой и пищевой промышленности как отбеливающий материал для очистки патоки, сиропов, пива, вин, растительных масел, фруктовых соков, нефтепродуктов, обезжиривания шерсти и при нанесении разноцветных рисунков на хлопчатобумажные ткани. При бурении геологоразведочных скважин применяется глинистый раствор. Очень важным является применение бентонитовых суспензий для тушения лесных пожаров с вертолета: добавка бентонита повышает вязкость воды и предотвращает отскакивание ее от горящего дерева. Месторождения имеются на Южном Урале, в Туркмении, Грузии, Украине.

Полимиктовая глина. Названа по составу. Цвет серый, коричневатосерый, красноватый различных оттенков, зеленоватый, голубовато-зеленоватый. Состав преимущественно из гидрослюды с разнообразными примесями (например, песка). Твердость низкая (чертится ногтем). В сухом состоянии – землистая, кусковатая, легко рассыпается, в сыром состоянии – липкая, пластичная. В воде не разбухает, при размачивании распадается на комочки и мелкие чешуйки. На ощупь бывает как жирной, так и сухой.

Разновидность: ленточные глины – тонкослоистые породы, представленные частым чередованием глинистых и песчано-глинистых пропластков. Образуется в результате химического выветривания горных пород в условиях холодного, умеренно-холодного, полусухого и влажного климата и в связи с деятельностью ледников (ленточные глины образовались в период отступления ледника, перемива и переотложения материала морены тальными водами), отлагается на дне озер и речных долин, на склонах возвышенностей.

Широко известны полимиктовые глины морского происхождения. Полимиктовые глины используются в геологоразведочном бурении для приготовления глинистых растворов, при производстве строительных материалов, кирпично-кладочных растворов, в литейном деле при изготовлении форм для различных металлургических отливок и др.

Распространены в Ленинградской области, в Поволжье, Центральном районе России, на Украине, в Карагандинской области (Казахстан).

Аргиллит (от греч. «глина»). Порода камнеподобная, очень плотная, не размокает в воде. Отдельность остроугольно-кусковатая, с неровным изломом. Плитчатые аргиллиты называют иногда глинистыми сланцами. Состав смешанный. Образуется в результате полного старения, уплотнения и окаменения гелеподобных богатых водой осадков. Распространены в горных странах. Практического значения не имеет. В некоторых районах используется как местный строительный материал.

Суглинок (песчанистая глина). Основные физические свойства аналогичны свойствам полимиктовых глин. Примесь песчанистого материала составляет от 25 % до 50 %. Через супеси (глинистые пески) суглинки связаны постепенным переходом к пескам. Диагностика: суглинок от глины отличает примесь песчаного материала, ощутимая визуально и при растирании породы пальцами (песчинки слегка царапают пальцы). Примесь песка снижает пластичные свойства суглинка: если суглинок смочить, скатать в шарик и раскатать в лепешку, то по краям ее образуются трещины. При тех же условиях из глины получается цельная лепешка.

Образуется на склонах оврагов, долин и гор в результате размыва верхних частей склонов временными потоками и переотложения мелкообломочного материала в нижних частях склонов и у подножья. Используются примерно также, как полимиктовые глины. Распространение практически повсеместное.

Группа глиноземистых пород

БОКСИТ. Название от франц. Ваух – деревня в Провансе (Франция), место первой находки. Хорошо выражена оолитовая структура, иногда афанитовая (плотная с неразличимыми минералами). Текстура массивная. Цвет белый, серый, желтый, красный, особенно характерны белые и красные цвета (в зависимости от содержания железа). Состоит из гидратов глинозёма, глинистых минералов, хлорита, сидерита, окислов и гидроокислов железа, пирита, кварца, халцедона и др. Каменистая порода средней или высокой твердости. Реже – землистый, слабосвязанный, пачкает руки. В увлажненном состоянии не пластичен. Удельный вес около 3 г/см³. Диагностика: по цвету можно спутать с глиной и лимонитом. От глин отличается большей твердостью и неразмокаемостью, от лимонита – цветом порошка.

По происхождению среди бокситов выделяют остаточные (латеритные) продукты химического выветривания щелочных и кислых магматических пород в условиях тропического климата и коллоидно-осадочные (прибрежно-морские и континентальные).

Главный источник получения алюминия. При содержании 50–60 % окиси железа бокситы приобретают значение железных руд. Месторождения бокситов известны в Ленинградской области (Тихвинское), на Урале (Красная Шапочка), в районе Каменска-Уральского, группы месторождений в Башкирии, в Саянах и др.

Биохимические горные породы

Группа кремнистых пород

ОПОКА. Структура тонкозернистая. Текстура однородная, слоистая. Состоит из мельчайших зерен опала, частично остатков скелетов водорослей. Породы каменистая, крепкая. Твердость средняя (нож оставляет царапину). Излом раковистый, с острыми, колющими краями обломков. Цвет разнообразный: серый, желтоватый, зеленоватый, пятнистый, темно-серый и черный. Порода легкая – удельный вес 1,0–1,3 г/см³, пористая – липнет к языку (гигроскопичность). Диагностика: похожа на трепел, но твердая. При ударе молотком раскалывается со звоном на мелкие остроугольные обломки с раковистым изломом

(трепел и диатомит издают глухой звук). От мергеля отличается большей твердостью, меньшей плотностью и отсутствием реакции с 10%-ной HCl (не вскипает). В отличие от глин не размокает. Происхождение биохимическое, в морских и озерных бассейнах. Используется как адсорбент для очистки сиропов, соков, масел, газов, нефтепродуктов и др. Служит гидравлической добавкой к портландцементу, добавкой при изготовлении бетонов, керамических и теплоизоляционных изделий, наполнителем при производстве пластмасс, некоторых видов резины, сургуча, спичек, красок и др. Распространены в Среднем и Нижнем Поволжье, в Центральном районе (Московская, Калужская, Брянская обл.), в Ленинградской обл. (Кингисеппское месторождение), на восточном склоне Уральских гор (в полосе от Ирбита на севере до Троицка на юге), на Камчатке, в Молдавии, Грузии и др.

ДИАТОМИТ. Синонимы: диатомовая земля, горная мука, кизельгур. По составу диатомит – это цементированные опалом остатки панцирей диатомей: мельчайших водорослей, имеющих кремнистый скелет. Порода состоит из частиц размером 0,001–0,01 мм. Текстура слоистая. Цвет белый, светло-серый или желтоватый. Порода легкая – удельный вес 0,6–1 г/см³, пористая. Твердость низкая. Диатомит рыхлый, мучнистый, легко растирается пальцами в порошок (горная мука). Диагностика: в отличие от глин не размокает. От мела отличается отсутствием реакции 10%-ной HCl, слоистым сложением. Происхождение: биохимическое, в морских и озерных бассейнах. Продукт растворения и перерождения кремнистого вещества скелетов диатомей. Распространены в Среднем и Нижнем Поволжье, в Центральном районе (Калужская, Брянская и Смоленская области), Белоруссия и Украина. Применение: см. опока.

ТРЕПЕЛ. Название связано с местом первых находок – город Триполи (Сев. Африка). Однородный. Состоит из многочисленных микроскопических округлых частичек опалового вещества размером 0,001–0,01 мм, частично с остатками скелетов диатомей. Примеси: органические вещества, глауконит, пирит и др. Цвет белый, светло-серый, желтоватый либо темно-серый до черного. Порода легкая, пористая. Твердость низкая. Порода землистая, кусковатая, но весьма слабо связанная. Диагностика: трепел отличается от опоки меньшим удельным весом, низкой твердостью. От мела отличается отсутствием реакции с 10%-ной HCl, в отличие от глин не размокает. Происхождение. Практическое значение. Распространение. См. Опока.

Группа карбонатных пород

ИЗВЕСТНЯК. Назван по составу: главный компонент – углекислая известь CaCO₃. Структура разнообразная, служит основой для выделения большого количества разновидностей известняка. Текстура однородная, слоистая, иногда пористая, кавернозная. Порода состоит из кальцита, редко – арагонита. Примеси: доломит, кремнистое вещество, песчаный и глинистый материал, битумы. Порода каменистая, прочная (временное сопротивление сжатию до 900 кг/см³), иногда бывает землистая, слабосвязанная (мел). Твердость средняя (нож оставляет царапину). Излом неровный. В воде не размокает. Цвет обычно белый, светло-серый, реже темно-серый и черный – вследствие примеси угли-

стого вещества или битума, желто-бурый – в связи с примесью гидроокислов железа, зеленоватый – из-за примеси глауконита. Бурно вскипает в 10%-ной HCl. Формы залегания – слои и мощные слои толщи, непрерывно прослеживающиеся на многие сотни километров, куполовидные массивы, линзовидные тела и различные по величине и форме гнезда.

По происхождению среди известняков различают три главных типа:

- 1) известняки органогенного происхождения;
- 2) известняки химического происхождения;
- 3) известняки обломочного происхождения (состоящие из обломков карбонатных зерен).

Если известняк состоит из целых и битых раковин, он называется ракушечником. В зависимости от преобладания остатков тех или иных организмов, различают известняки коралловые, криноидейные, фузулиновые, нуммулитовые, мшанковые и др. Криноидейные состоят из частей известкового скелета морских лилий (цилиндрические членики – части бывшего стебля со следами осевого канала в центре); фузулиновые сложены раковинами древних простейших организмов (фузулин), напоминающих по форме и размеру зерна ржи; нуммулитовые представлены известковыми раковинами нуммулитов, имеющими форму в виде диска, чечевицы или монеты; мшанковые представлены колониями из множества ячеек размером до 3мм, объединенных единым стволом и имеющими отпечатки в виде мелкой сетки.

Практическое значение: область применения очень широкая. Строительный материал для изготовления стеновых блоков, бутовый камень и щебень. Флюс в черной и цветной металлургии (вещество, способствующее разжижению шлаков и понижению температуры плавления). Сырье для производства извести, цемента и др.

Распространение повсеместное (за исключением Западной Сибири и Забайкалья).

МЕЛ. Микрозернистая тонкопористая порода. Состоит из мельчайших зерен кальцита и обломков скелетов моллюсков и водорослей, с примесью глинистых минералов (мергелистый мел) или обломочных зерен кварца (песчанистый мел). Мягкий (растирается между пальцами). Цвет обычно белый, реже сероватый, желтоватый или зеленоватый. Диагностика: от сходных с ним каолиновой глины, диатомита и трепела отличается бурной реакцией с 10%-ной HCl, сухой мел «тощий» на ощупь (каолинистая глина – жирная), от известняков отличается низкой твердостью, легко крошится и пачкает пальцы, слегка прилипает к языку, от трепела и диатомита отличается большим удельным весом. Образуется в теплых морях в результате накопления на его дне известковых панцирей планктонных одноклеточных водорослей. Применяется в цементной, металлургической, бумажной, резиновой, стекольной промышленности, для изготовления белил, замазок, мастики, керамики, красок, лаков, глазури, в сельском хозяйстве, для тонкой полировки и как пишуций материал.

Меловые отложения широко распространены в Среднем Поволжье, в Белгородской области, на Украине.

МЕРГЕЛЬ (название от нем. Mergel). Синоним – рухляк, глинистый известняк. Порода каменная, плотная, мелоподобная. Обладает плитчатой отдельностью. Структура тонкозернистая. Текстура слоистая. Цвет белый, светло-серый, желтоватый или зеленоватый, темно-серый, буроватый или красноватый, иногда окраска пестрая, меняющаяся послойно. Твердость низкая или средняя. Состав: однородная смесь глинистых и карбонатных минералов. Диагностика: бурно вскипает под воздействием 10%-й HCl, образуя мутные пузыри, капля кислоты после реакции оставляет на его поверхности грязное пятно (нерастворимый глинистый осадок). Образуется в результате одновременного осаждения карбонатного и глинистого материала в морских, лагунных и озерных бассейнах. Практическое значение: сырье для получения портландцемента.

Месторождения мергеля известны в районе Катав-Ивановска (Челябинская обл.), на Черноморском побережье Кавказа, в Крыму. В Поволжском районе (г. Инза) на местных запасах мергелей базируется производство цемента и крупнейший в стране диатомовый комбинат по производству термоизоляционных материалов.

Органогенные горные породы *Каустобиолиты*

В переводе с греческого означает «горючий камень органического происхождения». Этим термином обозначаются ископаемые горючие материалы, которые имеют большей частью органическое происхождение, т.е. построены преимущественно из окаменевших, в разной степени переработанных и разложившихся остатков растений и микроорганизмов. К каустобиолитам относятся торф, горючие сланцы, ископаемые угли, природные битумы (озокерит, асфальт и др.), нефть и природный горючий газ. Соответственно, каустобиолиты делятся на твердые, жидкие и газообразные.

ТОРФ. Текстура однородная, иногда слоистая, листоватая или пористая. Структура обычно волокнистая. Состоит из остатков растений, в разной степени разложившихся и обугленных. Цвет бурый до черного. Торф обычно кусковатый, слабосвязанный, легко ломается руками. Плотный либо пористый. Твердость низкая. Удельный вес в сухом состоянии 0,7–0,75 г/см³. Горючий. Диагностика: обилие остатков растений и гумусовых веществ, малая прочность, преимущественно волокнистое строение, горючие свойства, условия нахождения (болота, торфяники). На территории СНГ сосредоточено около 60 % мировых запасов торфа. Торф широко распространен в районах с избыточным увлажнением и залегает в болотах. Из всех видов энергохимического сырья является самым низкокачественным (зольность до 60–70%, теплотворность 1 500–2 000 ккал, влажность в воздушно-сухом состоянии до 20 %). Развитие торфяной промышленности ограничено.

Ископаемые угли

Уголь считается самой необычной породой. Во-первых, он образуется из органического материала – некогда живой ткани – и, во-вторых, в отличие от других пород, он может гореть и выделять тепло. В наше время ископаемый уголь – уже не только топливо. Подобно нефти он прекрасный материал для

получения множества продуктов: сухая перегонка угля в специальных печах дает кроме кокса для металлургических печей, еще каменноугольный деготь и раствор аммиака. Из каменноугольного дегтя на химических заводах получают бензол, карболовую кислоту, нафталин, антрацен, а при дальнейшей химической обработке – анилиновые краски, взрывчатые вещества, различные ароматические масла для духов, аспирин, салол и др. лекарственные вещества, сахарин, ванилин и множество других продуктов.

По преданию, еще во время Азовского похода 1696 г. Петру I были показаны взятые на выходе пласта образцы донецкого угля. Петр I бросил кусок угля в костер и, видя, как он горит, произнес свою историческую фразу: «Сей минерал, если не нам, то потомкам нашим зело полезен будет».

Как промышленное топливо каменный уголь стал использоваться в XVIII в., когда изобретение паровых двигателей и быстрый рост промышленности, и столь же быстрое истребление лесов вызвали необходимость изыскивать новые источники топлива. Уголь уже стали добывать из недр Земли, строя для этого более или менее глубокие шахты. Поэтому уголь и получил название «ископаемого», а старое название «каменный» сохранилось только за одним из видов ископаемого угля.

Ученые долгое время не могли правильно объяснить происхождение угля. Впервые правильно объяснил происхождение ископаемого угля величайший ученый XVIII столетия М.В. Ломоносов. Он впервые заявил, что залежи торфа и угля «растениям свое происхождение должны ствуют». В настоящее время, высказанная Ломоносовым мысль о происхождении угля из остатков растений, обуглившись без доступа воздуха в толще осадочных горных пород, признана всеми учеными. В происхождении ископаемого угля геологи убедились, изучая условия залегания каменноугольных пластов, а химики – анализируя состав угля. Ученые считают, что в далеком прошлом на Земле были леса из гигантских деревьев и поэтому в болотах могли накапливаться грандиозные толщи растительных остатков.

Стадии образования угля: вначале остатки отмирающих растений отлагаются в виде рыхлого ила. Сверху постепенно нарастают новые слои ила, а нижние постепенно уплотняются и продолжают изменяться. При избытке влаги и при недостатке воздуха, действии различных бактерий растительные остатки разлагаются. Вещество растений при этом теряет воду и кислород. Одновременно в нем увеличивается процент содержания углерода.

Растительные остатки постепенно превращаются в коричневатую-бурую массу торфа. В результате, водоем может целиком заполниться растительными остатками и превратиться в торфяное болото. В процессе торфообразования на дне болота накапливаются все новые и новые слои торфа. При этом органическая масса торфа изменяется под действием бактерий. В результате геологических процессов торф оказывается погребенным в недрах Земли. Чем глубже опускаются слои торфа, тем меньше в его составе бактерий и тем меньшую роль они играют в превращениях торфа. Большее значение приобретают геологические условия: сильное давление и тепло, поступающее из недр Земли. В

этих условиях торф теряет воду и летучие вещества, обогащается углеродом и превращается в бурый уголь. Из слоя торфа, толщиной в несколько метров, может образоваться слой угля в несколько сантиметров.

Вид, строение и химический состав различных углей зависит от характера растительных остатков, из которых образовались угли. Исходя из чего, они могут быть разделены на два основных типа:

- 1) гумусовые угли, происходящие из остатков древесной и травянистой растительности;
- 2) сапропелевые угли, происходящие из водорослей, спор и остатков микроорганизмов.

подавляющая масса бурых и каменных углей, используемых в промышленности, представлена гумусовыми углями.

Среди гумусовых углей выделяется несколько типов, различающихся по степени изменения растительных остатков или по степени метаморфизма (углефикации). Обычно различают три стадии метаморфизма гумусового органического вещества: торфяную, буроугольную и каменноугольную.

Ряд метаморфизма гумусовых углей, в котором степень углефикации растет слева направо, выглядит следующим образом: (торф) – бурые угли – каменные угли – антрациты.

По мере увеличения углефикации в углях растет содержание углерода с одновременным уменьшением содержания кислорода, водорода, летучих составных частей (легких углеводородов, воды и т.д.)

Промышленно важные свойства углей – горючесть, калорийность (теплота сгорания), спекаемость, способность к коксованию и др. – определяются степенью их углефикации. Разновидности угля также выделяются по степени углефикации. Такое подразделение часто совпадает с торговой и технической классификацией углей, согласно которой каменные угли делятся на ряд марок.

Так называемые газовые угли применяют для производства газа. Углерода в них меньше, чем у жирных, а летучих веществ очень много – до 44 %. Теплотворность газовых углей не превышает 8 500 ккал. Газовые угли легко загораются и горят длинным коптящим пламенем. Кокс из них получается спекшийся, но рыхлый. Если каменный уголь прокалывать без доступа воздуха, то из угля выделяются вещества, похожие на смолу, которые при дальнейшем нагревании превратятся в газы. Останется только твердое вещество – кокс. Из 100 г угля после прокалывания остается только 60–70 г кокса, а остальные 30–40 г угольного вещества разлагаются и переходят в газообразное вещество. Одни угли дают порошкообразный кокс, другие – слабоспекшийся хрупкий кокс, третьи – кокс в виде плотно спекшейся крепкой массы.

В кузнечном деле обычно применяют т.н. жирные угли. Поверхность их имеет такой вид, как будто она смазана жиром. Углерода в таких углях меньше, и теплотворность их ниже, чем у тощих и коксовых углей. Жирные угли дают спекшийся кокс среднего качества.

Различные угли при горении дают разное пламя. Чем больше в угле летучих веществ, тем более длинное пламя он дает при горении. Мало углерода и

много летучих веществ содержат незрелые ископаемые угли, объединяемые в группу длиннопламенных. Теплотворность длиннопламенных углей 7800–8000 ккал. Дают хорошее пламя и порошкообразный кокс. Очень удобны для отопления, нагревания котлов и т.д.

Меньше всего углерода и максимальная теплота сгорания – у коксовых углей. Коксовые и близкие к ним угли обладают способностью к спеканию и дают ценный продукт – металлургический кокс. Они дают очень хороший плотный кокс, не раздавливающийся тяжелым слоем руды в доменных печах. Теплотворность коксовых углей почти такая же, а иногда и больше, чем у тощих углей. Коксовые угли представляют наибольшую ценность как топливо в металлургии.

Определяя возраст различных угленосных пластов, ученые убедились в том, что торф встречается обычно в молодых отложениях, каменные угли и антрациты – в более древних. Угли со временем как бы созревают, обогащаясь при этом углеродом. Зрелость углей не всегда соответствует возрасту сопутствующих горных пород. Зрелость угля зависит не столько от времени, сколько от истории угля, от тех условий, в которых происходило его образование.

В зависимости от типа и зрелости углей меняется их теплотворность (количество тепла, выделяемое при горении). Больше всего углерода содержат зрелые ископаемые угли, объединяемые в группу т.н. тощих углей, и антрациты. Такие угли при сгорании дают много тепла. Их теплотворность доходит до 9200 ккал.

Тощие угли и антрациты очень трудно загораются, горят коротким пламенем, почти без копоти, и дают порошкообразный кокс низкого качества. Энергетическая ценность углей характеризуется теплотой сгорания.

БУРЫЙ УГОЛЬ назван по цвету самого угля и его черты. Цвет коричневый, от светлого (у рыхлых разновидностей) до черного. Блеск тусклый, полуматовый. Черта светло-бурая до буровато-черной. Твердость низкая или средняя, излом землистый. Удельный вес 1,1–1,2 г/см³. Состоит в основном из гуминовых кислот с примесью углеводородов и высокомолекулярных углеродистых веществ (карбоидов).

Содержание углерода 67–75%, водорода около 5 %, сумма кислорода и азота от 17 % до 30 %. Естественная влажность 10–25 % (иногда до 40 % и более). Теплотворная способность 5–6 тыс. ккал/кг на горючую массу. Загорается от спички, горит сильно коптящим пламенем с неприятным запахом.

Текстура однородная либо слоистая, полосчатая. Структура аморфная, отличается хорошей сохранностью фрагментов растений, обычно очень мелких и различных лишь под микроскопом, но иногда и невооруженным глазом.

Залегаёт слоями, пластообразными залежами, линзами. Разновидности: лигнит – бурый уголь, сохранивший строение дерева, гагат – черный, плотный, блестящий, с раковистым изломом.

Гагат имеет плотную и вязкую текстуру с характерным бархатистым смолисто-восковым блеском, хорошо полируется. Иногда его называют черным янтарем.

Бурий уголь имеет значение как энергетическое топливо местного значения и ценное химическое сырье. При переработке бурых углей методом сухой перегонки получается полукокс, до 20 % первичных смол (дегтя), горючий газ. Из буроугольной смолы вырабатывают горный воск. Гагат используется как поделочный камень. Месторождения гагата в нашей стране имеются в Иркутском угольном бассейне. За рубежом: в Англии, Испании, Франции, США.

Главные буроугольные бассейны: Подмосковский, Днепровский (Ватутинское, Кременчугское), Ленский (м-ие Кангаласское), Канско-Ачинский (м-ия Итатское, Назаровское, Ирша-Бородинское), Иркутский (м-ие Азейское), Нижнезейский (м-ие Свободное) и др. Важное промышленное значение имеют также Челябинский буроугольный бассейн.

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ. Назван по каменистому облику и сравнительно высокой для угля твердости. Структура аморфная. Текстура полосчатая, слоистая, часто тонкослоистая, обусловлена многократным чередованием блестящих и матовых разновидностей. Цвет черный, иногда с серовато-стальным оттенком либо темно-серый. Черта черная. Блеск матовый, шелковистый, смолистый, металлический у антрацита. Разновидности выделяют по степени углефикации. В отличие от бурого угля не содержит гуминовых кислот, которые в каменном угле преобразуются в карбоиды – сильно уплотненные высокомолекулярные неуглеводородные соединения углерода. Плотный, но нередко хрупкий, легко раскалывается по многочисленным трещинкам на толстые плитки или прямоугольные бруски. Теплота сгорания более 5 700 ккал/кг на влажную бензолную массу.

АНТРАЦИТ состоит из органического вещества высшей степени углефикации. По внешнему виду отличается от других каменных углей. Цвет черный со стально-серым, желтоватым (золотистым) или красноватыми оттенками. Черта черная слабая. Блеск сильно металлический, иногда с пестрой побежалостью. Излом раковистый, полураковистый или неровный. Твердость средняя (2–2,5), максимальная среди ископаемых углей. Удельный вес 1,5–1,7 г/см³. Загорается с трудом, горит слабым бездымным пламенем вследствие малого выхода горючих веществ. Обладает хорошей электропроводностью.

Территория СНГ располагает более чем 50 % общемировых запасов ископаемого угля. Из общесоюзных запасов углей более 70 % приходится на Россию (большая часть их сосредоточена в Сибири). Богаты углем также Украина и Казахстан. На долю бурых углей приходится около 35 % суммарных запасов ископаемых углей в СНГ. Примерно 65–70 % запасов угля составляет каменный уголь. На долю коксующихся углей приходится 25,8 % общесоюзных запасов. Главнейшие каменноугольные бассейны СНГ: Тунгусский (м-ие Кайерканское, Каякское, Кокуйское) Ленский (м-ие Таймыльское, Сангарское, Джебарики-Хая), Кузнецкий, Иркутский (м-ие Черемховское), Таймырский, Печорский (м-ие Воркутинское), Донецкий, Карагандинский, Южно-Якутский (м-ия Чульманское, Нерюнгринское), Минусинский, Буреинский (м-ие Ургальское). Важное промышленное значение имеет Кизеловский каменноугольный бассейн на Урале, Львовско-Волынский на Украине, Сучанский на Дальнем

Востоке, Экибастузское м-ие в Казахстане, Ангренское м-ие в Средней Азии и ряд мелких месторождений в Забайкалье.

ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ по структуре и составу представляют собой мягкую породу типа мергеля или аргеллита, пропитанную органическим битуминозным веществом – продуктами разложения ослизненных зеленых и синезеленых одноклеточных водорослей. В сухом виде порода загорается от спички и горит коптящим пламенем, испуская своеобразный запах, напоминающий запах битума (жженой резины). Сланец содержит 45 % золы, 1,7–2,1 % влаги, до 2 % серы. Теплотворная способность 2 700–3 500 ккал/кг. При метаморфизме превращаются в углистые и графитовые сланцы.

Практическое значение: твердое топливо низкого качества из-за значительного содержания золы (порядка 50 %). В качестве топлива используется примерно половина добываемых горючих сланцев. Из перерабатываемой части сланцев получают бытовой газ, газобензин, серу газовую, гипосульфит, клеящую смолу, фенол, формальдегидовую смолу. Из смолы производят клей, мастики для склеивания асбоцемента, паркета, древесностружечных плит, полистирол и лаки, эмалевые и типографские краски. Минеральная часть сланцев используется для выработки строительных материалов. Сланцевая зола обладает вяжущими свойствами и из полукочка можно получить минеральную вату.

Месторождения горючих сланцев известны в Эстонии (местное название сланцев – кукерситы), Псковской, Ленинградской и Костромской области (Мантуровское м-ие), Иркутском угленосном бассейне (хахарейские сланцы). В Эстонии сосредоточено более половины запасов территории бывшего СССР (57 %), в Ленинградской области – около 19 %.

НЕФТЬ (C_nH_m). В разных странах нефть называли по-разному, большинство наименований в переводе на русский язык означает «земляное» либо «горное масло». Наиболее широкое распространение получило название этой жидкости, употреблявшееся народами Малой Азии – «нафта», что значит «просачиваться».

Нефть – маслянистая жидкость, чаще всего от зеленоватого до зеленобурого и черного цвета. Но встречается нефть коричневая, красноватая, белая и совсем бесцветная. Цвет нефти зависит от примесей. Кроме того, нефть флюоресцирует на солнце. Бакинские нефти имеют синеватый отлив, а некоторые грозненские – зеленоватый. У разных нефтей температура застывания различна. Объясняется это различием в составе нефти. Например, грозненская парафинистая нефть застывает при температуре ниже 11°, грозненская беспарафинистая нефть застывает лишь при температуре –19°. Сураханская и Охинская нефть (остров Сахалин) не застывают даже в самые сильные морозы. Чем ниже температура застывания нефти, тем она ценнее.

Особенно большое значение это свойство имеет для работы авиации и транспорта в условиях северных районов. Большинство нефтей легче воды и обладает специфическим запахом, который, если в нефти присутствуют сернистые соединения, становится очень неприятным. Физические свойства нефти, такие как вязкость и удельный вес, меняются в очень широких пределах.

Удельный вес нефтей от 0,75 до 1,00 г/см³ при температуре 20°. Как редкое исключение встречаются нефти с удельным весом меньше 0,75 г/см³ и больше 1,00 г/см³. Нефть месторождения Уч-Кизыл в Термезском районе имеет удельный вес 1,01 г/см³. Такая нефть тонет в воде. Примером очень легкой нефти является белая нефть Сураханского месторождения, удельный вес которой 0,71 г/см³. Очень важным физическим свойством нефти является ее вязкость. Вязкую нефть труднее перекачивать по трубам. Вязкость влияет и на качество нефтепродуктов.

По своему составу нефть – сложное соединение, смесь различных жидких, газообразных и твердых углеводородов. В зависимости от преобладания в нефти углеводородов того или иного типа нефть разделяют на три основные группы:

- 1) метановые, или парафиновые;
- 2) нафтеновые, или асфальтовые;
- 3) ароматические, или бензольные.

Более распространены на земном шаре нафтеновые нефти. Реже встречаются метановые нефти. Метановые и нафтеновые нефти считаются легкими; нефти, содержащие ароматические углеводы – тяжелыми.

В природе нефть, газ и вода скапливаются в проницаемых породах, окруженных породами плохопроницаемыми. Такое вместилище является своеобразным сосудом – природным резервуаром (коллектором) определенной формы, который содержит нефть, газ и воду. Наиболее распространенными являются природные резервуары в виде пластов. Наиболее правильное понятие о залежи нефти и газа было определено Д.И. Менделеевым. Менделеев считал, что в пласте должно быть замкнутое водой пространство – ловушка, в которой могли бы скопиться нефть и газ. В ловушке вода, нефть и газ должны размещаться так же, как в стакане или бутылке. Самая тяжелая – вода, ограничивает скопление нефти снизу. Нефть легче воды, она всплывает над водой. Газ как самый легкий размещается в самой приподнятой части ловушки. При благоприятных условиях в каждой природной ловушке может образоваться скопление, называемой геологами залежью нефти и газа.

Современная наука установила происхождение нефти из органических остатков – как растительных, так и животных, как высокоорганизованных, так и из простейших организмов. Все они, попадая в осадок, служат исходным материалом для образования углеводородных соединений. В различных местах и в различных конкретных условиях возможно накопление различных по своему характеру органических веществ. Одновременно с отложением органического вещества, в тех же условиях происходит отложение различных минеральных осадков. Таким образом идет не просто накопление органической массы, а процесс осадконакопления. В значительной своей части органическое вещество рассеивается в осадке, и только в особо благоприятных условиях в недрах земли могут образовываться значительные органические массы, насыщающие толщи горных пород. В различные геологические эпохи происходило отложение органического вещества в самых разнообразных условиях. Но не везде бы-

ли одинаковые условия дальнейшего преобразования органических остатков. Например, в районах вечной мерзлоты они консервировались. На пустынных континентах, под окисляющим действием атмосферы, органические остатки «сгорали» почти целиком. Более благоприятные условия для сохранения органических веществ в болотах, озерах, лагунах, заливах, а также в замкнутых и полужамкнутых морских бассейнах. Некоторая часть органических веществ, не успевшая осесть на дно или осевшая, но не захороненная, разлагается до газообразного состояния и рассеивается. Сохранившаяся же часть органических веществ, состоящая из более устойчивых соединений, обогащается углеродом. Процесс захоронения и преобразования органического вещества особенно грандиозен в крупных бассейнах в периоды длительного погружения их дна и мощного накопления осадков. Органические вещества, попадающие в осадок, состоят главным образом из жиров, белков и углеводов. В настоящее время доказано, что в природе могут создаваться благоприятные условия для преобразования любой из этих групп в углеводороды. Различия в исходном органическом материале приводят к различию в конечных продуктах превращения и являются одной из причин существующего разнообразия нефтей и битумов. Основным условием, определяющим благоприятную обстановку для течения процессов, ведущих к образованию битуминозных веществ, в том числе нефти и газа, является длительное и устойчивое погружение данного участка земной коры. Погружение дна бассейна в процессе колебательных движений земной коры ведет к захоронению осадка под более молодыми отложениями. Жидкие и газообразные углеводороды, образующиеся в осадке при разложении органических веществ, легко рассеиваются в водном бассейне. Возникающий в болотах горючий газ никогда не образует скоплений. По мере своего образования он либо растворяется в воде, либо в виде пузырьков «пробулькивается» через воду и рассеивается в атмосфере. Для того, чтобы образовавшиеся при разложении органических веществ жидкие и газообразные углеводороды могли сохраниться в осадке, необходимо закрыть осадок, изолировать его от масс воды и воздуха. Такая изоляция осуществляется, когда осадок, заключающий органические вещества, перекрывается другими плохопроницаемыми осадками. Это может происходить в том случае, если в процессе колебательных движений земной коры погружение все время преобладает и дно бассейна погружается.

Основоположником современной теории о происхождении нефти в условиях ее формирования является академик РАН Иван Михайлович Губкин (1871–1939 гг.), русский геолог-нефтяник, основатель нескольких кафедр и научных организаций по изучению нефти. Руководил всесоюзными комиссиями по геологической разведке, исследовал геологию нефти в Урало-Волжской нефтеносной области.

Нефть может быть поднята на поверхность различными способами. Самый дешевый и эффективный – фонтанный. Иногда давление окружающей воды или газа выталкивает нефть в скважину и на поверхность. Продолжительность такого способа невелика, т.к. давление газов, выталкивающих нефть на

поверхность, падает. При отсутствии достаточного естественного давления нефть откачивают на поверхность насосами.

Советскими нефтяниками были разработаны способы искусственного поддержания пластового давления путем законтурного и внутриконтурного заводнения, гидравлического разрыва пласта, извлечения нефти при помощи центробежных погружных насосов и др. Фонтанирование нефти при помощи пластового давления стало основным.

После добычи нефть транспортируется танкерами или перекачивается по нефтепроводу до нефтеперерабатывающих заводов. Там смесь сырой нефти разделяется на различные компоненты – фракции. Фракции – это компоненты нефти, которые вскипают при определенных температурах.

Сырая нефть используется для получения разнообразных видов жидкого топлива: бензина различной степени чистоты, дизельного и авиационного топлива. Также из нефти получают масла и смазки, обеспечивающие работу машин и механизмов, асфальт для дорожных покрытий и огромное количество соединений, используемых в химической промышленности.

Вещества, полученные из нефти, применяются в косметической, фармацевтической, лакокрасочной промышленности, а также для производства удобрений, взрывчатых веществ, синтетических волокон, чернил, пластмасс и резины, жевательной резинки, пищевых консервантов и др. материалов.

Месторождения нефти и газа обнаружены на каждом континенте, а также на континентальных шельфах. Некоторые из них активно разрабатываются, другие законсервированы. Оценка того, на какой период хватит нефтяных запасов, включает два фактора – объемы известных месторождений, разработка которых экономически целесообразна с точки зрения современных технологий, и уровень добычи в текущем году. Объем нефтедобычи увеличивают или сокращают в зависимости от спроса.

Изучение геологии подводных окраин континентов показало, что под уровнем моря также залегают нефтегазоносные бассейны, не выходящие на сушу, а целиком покрытые водами морей и океанов. Предполагается, что на этих площадях может быть обнаружено больше нефтегазовых месторождений, чем известно сейчас на суше. Специалисты считают, что под водой залегают до 65–70 % общемировых запасов нефти. В настоящее время открыто около 700 нефтяных и газовых месторождений у берегов всех континентов, кроме Антарктиды. Из этих месторождений добывают до 20 % всей нефти в зарубежных странах.

Добычу нефти на море одними из первых начали советские нефтяники на Южном Каспии.

По мере повышения спроса на нефть и газ и при истощении запасов в месторождениях суши удельное значение морской добычи нефти и газа будет возрастать.

Крупнейшие нефтегазоносные провинции России: Волго-Уральская, Западно-Сибирская, Тимано-Печорская, Восточно-Сибирская, Дальневосточная, а также Северо-Кавказская.

Единственное в мире месторождение Нафталан (Азербайджан), где добывается негорючая целебная нефть, используемая для лечения костных, кожных и некоторых других заболеваний.

В 2013 г. на Дальнем Востоке открыто крупнейшее месторождение нефти в России – Южно-Киринское. В январе 2015 г. в Охотском море у острова Сахалин началась промышленная добыча редчайшего сорта сладкой нефти на месторождении Аркутун-Даги.

Ход работы

1. Знакомство с образцами осадочных горных пород.

В ходе знакомства с образцами осадочных пород выяснить их структурные различия с магматическими и метаморфическими горными породами. В процессе работы письменно указать:

1) Какие структуры осадочных горных пород отличают их от магматических и метаморфических. Отметить те особенности строения осадочных пород, которые позволяют их наиболее надёжно диагностировать.

2) Какие структуры осадочных пород похожи на структуры магматических и метаморфических пород.

2. Определение-диагностика осадочных горных пород. Руководствуясь таблицей 12, определить обломочные горные породы, представленные в «навалах» их образцов, и дать им описание.

Обломочные осадочные породы образуются в результате механического выветривания различных по генезису горных пород на поверхности Земли. Классифицируются обломочные осадочные горные породы по размерам и форме обломков. Поэтому обломочные осадочные породы одного и того же названия могут иметь различный химический и минеральный состав. В основу определения осадочных обломочных горных пород положен размер и форма обломков, степень цементации.

Коллоидно-осадочные породы. По определению М.С. Швецова, глина – это «землистая порода, дающая с водой пластичную массу, твердеющую при высыхании, а при обжиге приобретающую твердость камня».

Глинистые породы – очень тонкозернистые образования, размер зерен менее одной сотой доли миллиметра, их нельзя рассмотреть невооруженным глазом. Состоят из глинистых минералов, образовавшихся в результате химического выветривания: каолина, монтмориллонита и гидрослюд. В зависимости от этого различают глины каолиновые, монтмориллонитовые и гидрослюдистые.

Для глин характерно землистое строение, землистый запах, образование пластичной массы и разбухание при взаимодействии с водой. Часто указывают, что для глины характерен специфический запах («запах печки»), появляющийся после того, как на нее подышать. Для некоторых разновидностей глин это является характерным, но не может служить диагностическим признаком для всех глин. Например, отличительный признак бентонитовой глины – после дождя на ее поверхности образуется густая масса скользкого студня. В сухую погоду она

приобретает сморщенный, трещиноватый вид и становится пушистой. Наиболее характерные физические свойства глин:

1) пластичность – способность деформироваться (принимать любую форму) без разрыва сплошности под действием внешнего давления и сохранять ее после прекращения давления.

По пластичности различают глины «тощие» и «жирные». «Тощие» глины содержат значительное количество частиц кварца, халцедона, опала, суховатые на ощупь, «жирные» глины богаты каолином, жирные на ощупь, на сухой поверхности жирных глин при проведении ногтем остается блестящий след;

2) липкость – способность прилипать к различным предметам при определенном увлажнении. Появляется в пластичных грунтах при несколько большей влажности, чем нижний предел пластичности. Количественно липкость оценивается величиной усилия (в кг/см²), которое необходимо приложить, чтобы оторвать предмет от породы (грунта). Определяется липкость в приборе Охотина;

3) набухание (разбухание) – свойство породы увеличиваться в объеме при увлажнении. Объясняется образованием вокруг глинистых и коллоидных частиц связанной воды;

4) усадка – процесс, обратный набуханию, наблюдается в набухающих породах (грунтах). Заключается в уменьшении объема породы при высыхании;

5) размокаемость – процесс взаимодействия породы (грунта) с водой при погружении ее (его) в воду. При этом одни породы (грунты) разрушаются (разваливаются) полностью, другие – частично, а третьи – сохраняют свою структуру и текстуру. Размокаемость зависит от состава, характера структурных связей и влажности, при которой производится погружение образца в воду. Размокаемость оценивают по времени размокания образца, характеру его распада и влажности размокшего образца.

6) способность поглощать некоторые коллоидальные вещества, красящие вещества, различные масла и т.д. У разных глин эта способность различна;

7) огнеупорность – способность противостоять действию высокой температуры без плавления. Степень огнеупорности у разных глин может быть различной. Самая высокая у каолиновой глины.

Глина, содержащая в виде примеси 25 % песка, называется суглинком и относится к породам смешанного состава. При смешивании с водой дает пластичную массу. При отмучивании в воде оседают песчинки, а затем глинистые частицы.

3. Контрольное определение осадочных горных пород.

Из десяти контрольных образцов осадочных пород определить известняк, мергель, песчаник и глину, пользуясь приведенным выше описанием данных пород. Описание производить по ниже приведенному плану.

Порядок диагностики и описания обломочных пород

1. Структура (гранулометрический состав). Гранулометрическим составом называют содержание частиц или обломков различной крупности. Приёмы и методы определения структуры изложены в общем описании осадочных по-

род. Название породы дается по содержанию той фракции (песка, гравия и т. д.), количество которой составляет более 50 %.

2. Цвет. Необходимо указать преобладающую окраску, ее оттенки, наличие пятен, разводов, прослоек другого цвета. Цвет глинистых пород рекомендуется определять в увлажненном состоянии, так как при высыхании окраска их тускнеет.

3. Минералогический (для песчаных) или петрографический (для грубо-обломочных пород) состав.

4. Окатанность.

5. Примеси (типы и состав пород, которые не вошли в название данного образца. Например, присутствие в песке гравия, гальки и т. д.).

6. Текстурные особенности.

7. Органические остатки.

8. Для глинистых пород указать степень вязкости, пластичности в состоянии естественной влажности, способность размокать в воде.

В результате должно получиться цельное описание обломочной породы, например:

супесь бурая, во влажном состоянии вязкая, пластичная, со значительным (20–25 %) количеством гальки и редкими зернами гравия. Галька мелкая, хорошо окатанная, представлена розовым гранитом, серым доломитом, темно-серым известняком. Гравий разнозернистый, преимущественно кварцевого состава. Наблюдается грубая отдельность, обусловленная наличием песчаных прослоек. В верхней части слоя представлено несколько обломков раковин брахиопод.

Порядок диагностики и описания химических и биохимических пород

1. Название породы. Для определения названия породы необходимо установить ее химический состав (порода карбонатная, кремнистая). Важным показателем является реакция породы с 10%-й HCl, которая позволяет выделить карбонатные породы и их разновидности.

2. Цвет. Необходимо указать основную окраску, ее оттенки, характер проявления по образцу, вторичные проявления цвета.

3. Структура. Для пород данной группы характерны зернистая, органо-генная, органо-генно-обломочная, плотная, землистая, волокнистая структуры.

Биоморфная структура – характерна для органо-генной породы, сложенной из хорошо сохранившихся организмов.

Детритусовая структура – характерна для органо-генной породы, представленной обломками скелетов организмов.

4. Наличие примесей другого вещества, например, известняк доломитовый, известняк углистый и др.

5. Текстурные признаки.

6. Вторичные изменения породы (выветривание, перекристаллизация).

7. Органические остатки.

Таблица 12 – Классификация обломочных горных пород

Подгруппы обломочных пород	Размер обломков, составляющих более 50 % породы, мм	Название отдельных обломков		Название пород					
		угловатых	окатанных	рыхлых		сцементированных			
				сложенных угловатыми обломками	сложенных окатанными обломками	сложенных угловатыми обломками	сложенных окатанными обломками		
Грубо-обломочные (песфиты)	>100	Глыба	Валун	Глыбы (скопление глыб)	Валуны	БРЕКЧИЯ	Глыбовая брекчия	КОНГЛОМЕРАТ	Валунный конгломерат
	100-10	Щебень	Галька	Щебень	Галечник		Брекчия		Конгломерат
	10-1	Дресва	Гравий	Дресвянник	Гравийник		Брекчия		Гравийный конгломерат
Песчаные (псаммиты)	1-0,5	Песчаные зёрна		Пески крупнозернистые		Песчаник крупнозернистый			
		Крупные							
	0,5-0,25	Средние		Пески среднезернистые		Песчаник среднезернистый			
	0,25-0,1	Мелкие		Пески мелкозернистые		Песчаник мелкозернистый			

Форма отчетности

Результаты сдаются в виде оформленных, согласно плану описаний исследуемых образцов осадочных горных пород, устное собеседование, тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение понятия «осадочная порода».
2. Перечислите особенности образования осадочных горных пород.
3. Назовите структурно-текстурные признаки осадочных пород.
4. Глины и их физические свойства.
5. Осадочные горные породы органического и химического происхождения.
6. На чем основан принцип классификации осадочных горных пород?
7. Охарактеризуйте минеральный состав осадочных горных пород.

Лабораторная работа № 7. Изучение метаморфических горных пород

Цель работы – получить навык визуального (макроскопического) метода диагностики метаморфических горных пород по структурно-текстурным особенностям внутреннего строения.

Приборы и материалы

Учебные коллекции метаморфических горных пород, эталонные образцы метаморфических горных пород (при наличии), лупа, бинокляр, покровные стекла, 10%-й раствор HCl, простой карандаш, ластик, линейка, тетрадь, ручка.

Общие сведения

Метаморфические горные породы образуются в результате преобразования ранее существовавших осадочных и магматических пород под воздействием эндогенных процессов.

Преобразования протекают в твердом состоянии и выражаются в изменении минерального, иногда химического состава, структуры и текстуры горных пород.

Главными факторами метаморфизма горных пород является:

- 1) высокая температура;
- 2) большое всестороннее давление (определяется глубиной погружения);
- 3) давление, ориентированное в одном направлении или одностороннее (связанное с тектоническими движениями и деформациями горных пород), называемое стрессом;
- 4) высокотемпературные газовые и жидкие растворы, выделяющиеся из внедряющейся магмы и поступающие с больших глубин из мантии.

Процессы метаморфизма могут проявляться на огромных площадях – региональный метаморфизм – и на контакте пород с интрузивными магматическими телами – контактовый метаморфизм.

Наиболее широко распространенным является региональный метаморфизм, который охватывает огромные площади горных пород на определенных

глубинах и связан с общими физико-химическими условиями данных глубин. Вызывается высоким неравномерным односторонним давлением, температурой и воздействием жидких и газовых флюидов. Региональный метаморфизм обычно приурочен к складчатым областям различного возраста. Наиболее глубоко метаморфизованные породы развиты в пределах древних щитов – Балтийского, Украинского, Алданского, Анабарского. Мощные толщи пород регионального метаморфизма залегают также на различной глубине в основании (фундаменте) древних платформ – Восточно-Европейской и Сибирской.

В зависимости от сочетания различных факторов, влияющих на процесс метаморфизма: различной величины геотермического градиента, тектонических движений – могут создаваться термодинамические условия, вызывающие интенсивные процессы метаморфизма. В соответствии с этим метаморфические породы классифицируют по метаморфическим фациям.

Под метаморфической фацией понимаются породы, сформированные в определенных термодинамических условиях.

В настоящее время принята следующая система фаций регионального метаморфизма:

1. Цеолитовая фация – характеризуется минимальными температурами (100–200°) и давлением (1 000–4 000 атм.) Характерны новообразования цеолитов, альбита, адуляров и др.;

2. Зеленосланцевая фация (100–350°, 2 500–6 000 атм). Типоморфные минералы – альбит, хлорит, тальк, серпентин. Характерные породы – хлоритовые и тальковые сланцы, филлиты;

3. Альмандин-амфиболитовая фация (300–700°, 3 000–7 000 атм). Типичные минералы – роговая обманка, мусковит, дистен, альмандин (гранат). Характерные породы – амфиболиты;

4. Гранулитовая фация (более 600°, 3 500–10 000 атм). Включает метаморфические породы, сложенные в основном безводными минералами. Типичные минералы – гранаты, дистен, силлиманит. Характерные породы – гранулиты;

5. Эклогитовая фация. Условия образования эклогитов неясны. Предполагается, что эклогитовая фация образуется в наиболее высокотемпературной области высоких давлений. Типичные минералы – гранат, пироксен и рутил, породы – эклогиты.

В зависимости от состава и структуры исходных пород при региональном метаморфизме возникают определенные и характерные виды метаморфических пород, которые по мере возрастания температуры и давления претерпевают закономерные преобразования.

Особенно значительные изменения испытывают глинистые породы. Еще в процессе диагенеза глины уплотняются, обезвоживаются и превращаются в аргиллиты, отличающиеся от глин полной неразмокаемостью. В начальной стадии метаморфизма в условиях низких температур и тектонического давления аргиллиты претерпевают рассланцевание и превращаются в аргиллитовые сланцы. Сланцы обычно сохраняют окраску исходных глин. При возрастании

кристаллических частиц порода твердеет и превращается в кровельные сланцы. Дальнейшее повышение температуры и усиление метаморфизма приводит к полной перекристаллизации глинистого вещества с образованием филлитов. Внешне они сходны с глинистыми сланцами, отличаются от них шелковистым блеском. При дальнейшем повышении температуры и давления филлиты переходят в кристаллические сланцы. На самой высшей стадии метаморфизма они преобразуются в гнейсы.

Кварцевые песчаники с кремнистым цементом при метаморфизме преобразуются в кварциты. Кварцевые песчаники с глинистым цементом преобразуются в слюдяно-кварцитовые сланцы. Известняки при метаморфизме преобразуются в мраморы. Кремнистые породы – опоки, яшмы преобразуются в мелкозернистые кварциты, отличающиеся крайне равномерной слаборазличимой зернистостью. В результате метаморфизма кислых и средних магматических пород (гранитов и диоритов) образуются гнейсы и слюдяные сланцы. Габбро и базальты на низшей стадии метаморфизма преобразуются в зеленые сланцы, на следующей стадии метаморфизма переходящие в амфиболиты. На высшей стадии метаморфизма амфиболиты переходят в гранатовые амфиболиты и эклогиты, состоящие из граната и пироксена. Ультраосновные породы преобразуются в змеевики (серпентиниты) и тальковые сланцы.

Контактовый метаморфизм проявляется на контакте двух пород, обычно осадочной и изверженной. Контактовый метаморфизм проявляется по обе стороны от контакта – на внешней и на внутренней стороне. Ширина зоны контактового метаморфизма различна: от нескольких миллиметров и сантиметров, до сотни метров и километров. Вблизи контакта магмы и вмещающей породы образуется пояс, сложенный метаморфическими породами. Чем сильнее воздействие магмы, тем больше ширина пояса.

При внедрении магмы действуют все факторы метаморфизма. Контактный метаморфизм может происходить без существенного привноса новых веществ из магмы и с привносом их в контактовую зону. При контактовом метаморфизме практически без привноса веществ происходит только обжиг в контактовой зоне, частичная ассимиляция и его перекристаллизация. Так образуются контактовые роговики. Наиболее сильно явления контактового метаморфизма проявляется при внедрении интрузии в карбонатные породы. Гранитная (алюмосиликатная) магма и карбонатная порода реагируют между собой, в результате чего образуется комплекс новых минералов, характерный исключительно для контактовой зоны этих пород.

Таковыми минералами являются волластонит $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ и гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Кальций в них заимствуется из карбонатной породы, а глинозем и кремнезем – из алюмосиликатной магмы. Реакция между алюмосиликатной и карбонатной породами происходит особенно интенсивно, когда в приконтактовую зону попадают постмагматические растворы, которые могут привносить с собой в боковые породы железо, марганец, вольфрам, молибден, свинец, цинк, кремнекислоту, щелочь и др. При посредстве этих растворов происходит диффузионный обмен различными компонентами между контактирующими среда-

ми. Реакционный обмен компонентами и присутствие новых веществ, привнесенных растворами, приводит к образованию в контактовой зоне своеобразных пород – скарнов. Скарны – это метасоматические породы, образовавшиеся в контакте гранитоидных интрузий с карбонатными породами при обязательном участии послемагматических растворов. Характерными минералами скарнов являются пироксены (диопсид, геденбергит), гранаты (гроссуляр, андрадит) и другие более сложные силикаты, содержащие кальций, из рудных минералов – шеелит, молибденит, магнетит, халькопирит, галенит и сфалерит.

В ходе преобразования горных пород выделяют следующие типы метаморфизма:

1. Динамометаморфизм (дислокационный), или катакластический (греч. «катаклазо» – разрушаю) – происходит в верхних зонах земной коры. под воздействием сильного одностороннего давления (стресса) в условиях невысоких температур и заключается в интенсивном дроблении минеральных зерен без существенной их перекристаллизации. Связан с тектоническими движениями, вызывающими разрывы в земной коре и перемещение по ним отдельных блоков. Локализуется вдоль разрывных тектонических нарушений.

В зависимости от величины и соотношений температуры и давления в зонах разрывных тектонических нарушений выделяют следующие характерные горные породы:

-Тектонические брекчии, почти не измененные по составу горные породы, состоящие из различных по величине остроугольных обломков, сцементированных мелкодробленой массой.

-Катаклазиты, соответствуют начальной стадии динамометаморфического изменения горных пород. В них наблюдается сильное дробление всех хрупких минералов, изогнутость и смятие более пластичных минералов (слюды, хлориты), но при этом сохраняются черты исходной горной породы. В таких случаях применяются такие названия, как катаклазированный гранит и др.

-Милониты образуются при более интенсивном одностороннем давлении. Состоят из тонкораздробленного материала наподобие муки (отсюда термин «милонит»).

2. Термометаморфизм – возникает при воздействии высоких температур. При разогревании породы происходит перекристаллизация вещества. При термометаморфизме активное участие принимает вода, которая, превращаясь в пар и вступая в реакции, способствует образованию новых минералов. Термальный метаморфизм очень четко проявляется на контактах с интрузиями, температура которых часто превышает 1 000° С. Остывание интрузий идет очень медленно, поэтому происходит значительный прогрев вмещающих пород.

3. Гидротермальный и пневматолитовый метаморфизм осуществляется при интенсивном привносе горячими водными растворами и газовыми потоками в породу новых веществ, поднимающихся из остывающего магматического очага. В результате происходит изменение не только минерального, но и химического состава пород.

При очень интенсивном привносе новых веществ и развитии замещения первичных минералов химически активными веществами возникает особый вид метаморфизма – метасоматоз. Например, кремнекислые растворы, поступающие из магмы, могут заместить карбонат кальция в известняковой породе и тогда известняк сначала становится кремнистым, а затем может превратиться в кварцит. Метасоматические тела имеют часто трубчатую или неправильную форму. Залегают большей частью среди карбонатных пород. Большое значение при метасоматозе имеет вода, которая облегчает процесс переноса веществ и, растворяя и выщелачивая неустойчивые компоненты вмещающей породы, способствует образованию полостей, в которых отлагаются вновь приносимые элементы. Такие полости иногда могут быть очень малы, до размера пор между отдельными минералами.

Главные отличия метаморфических пород от осадочных и магматических заключаются в их минеральном составе и структурно-текстурных признаках.

Метаморфические породы состоят из минералов устойчивых в условиях высоких температур и давлений. К ним относится большинство минералов магматических пород: кварц, плагиоклазы, полевые шпаты, мусковит, биотит, роговая обманка, пироксен (авгит), магнетит, гематит, а также типичный минерал осадочных горных пород – кальцит. Кроме этого, в метаморфических горных породах распространены минералы, характерные только для них – серицит, хлорит, тальк, серпентин, гранат, графит.

При региональном метаморфизме в результате перекристаллизации при одностороннем давлении образуются минералы, которые в других условиях не возникают. Типичными минералами регионального метаморфизма являются слюды, гранаты, дистен, андалузит и др. Они являются породообразующими для широко распространенных метаморфических горных пород – кристаллических сланцев и гнейсов.

В процессе регионального метаморфизма могут возникать крупные месторождения железных руд в виде железистых кварцитов (например, Кривой Рог, Курская магнитная аномалия). С региональным метаморфизмом связано образование т.н. сухих трещин или жил альпийского типа, которые являются источником горного хрусталя (пьезокварца), лунного камня (адуляра) и других минералов.

Особенности внутреннего строения метаморфических горных пород:
структура и текстура.

Метаморфические породы имеют обычно кристаллическую структуру, которая отличается от кристаллической структуры магматических пород как по происхождению, так и по облику. Особенно характерна:

- 1) листоватая;
- 2) чешуйчатая;
- 3) игольчатая;
- 4) таблитчатая форма зерен.

Реже метаморфические породы имеют зернисто-кристаллическую структуру. Различают слабометаморфизованные скрытокристаллические породы и

переходные разности, содержащие участки первичных пород некристаллического строения. Остаточные структуры первичных пород называются реликтовыми.

Текстурные особенности относятся к важнейшим отличительным признакам метаморфических пород.

По взаимному расположению и типам минеральных зерен выделяются следующие текстуры:

1) сланцеватая – с параллельным расположением чешуйчатых или таблитчатых минералов;

2) гнейсовая – с параллельным расположением таблитчатых минералов, при малом содержании чешуйчатых частиц;

3) полосчатая – с чередованием полос разной толщины различного минерального состава;

4) волокнистая – характерна для пород, сложенных волокнистыми и игольчатыми минералами, вытянутыми примерно в одном направлении;

5) очковая – с рассеянными в породе более крупными овальными зернами или агрегатами, обычно выделяющимися по цвету (очковый гнейс);

6) плойчатая – характеризуется присутствием в породе очень мелких складок;

7) массивная – характеризуется прочным сложением породы при плотном, связном соединении минеральных зерен (кварцит).

ГНЕЙС. Строение зернисто-сланцеватое. Присутствуют кварц, полевые шпаты, слюды, иногда роговая обманка. По минералогическому составу и по окраске напоминают гранит. Отличаются по текстуре. Для гнейсов характерна полосчатая текстура, вызванная чередованием более светлых минералов и темных. Некоторые гнейсы отличаются присутствием крупных кристаллов полевого шпата среди более мелкозернистой массы (очковые гнейсы). Гнейсы, образованные из осадочных пород, называются парагнейсами, из магматических – ортогнейсами. Находят применение как строительный материал (щебень, бутовый камень), но уступают по прочности гранитам, т.к. легко выветриваются. Гнейсы широко распространены среди древних метаморфических пород. Ими сложены значительные площади в Восточной Сибири и Карелии. Кристаллический фундамент Русской платформы сложен в основном гнейсами. Вместе с кристаллическими сланцами они распространены на Урале, Украине, Средней Азии и др.

КВАРЦИТ. Название связано с минеральным составом породы. Порода в основном состоит из кварца. Структура кристаллически-зернистая, обычно мелкозернистая до афанитовой. Текстура массивная, слоистая. Цвет различный. Имеет монотонную, чаще всего серую и светло-серую, окраску. Яркую темно-малиновую, красновато-коричневую и розоватую окраску придает примесь гематита или лимонита. Твердость высокая: на свежем сколе слабую царапину может оставить кварц или еще более твердый минерал. Излом зернистый или раковистый. Является продуктом регионального метаморфизма кремнистых или песчаных пород. Диагностика: по внешнему виду больше всего напоми-

нает мрамор. От мрамора отличается большей твердостью, изломом и отсутствием реакции с 10%-й HCl. От песчаника отличается более высокой твердостью, отсутствием структуры обломочных пород и характером излома. Используется как высокосортный облицовочный и декоративный камень. Широкой популярностью пользуются кварциты Карелии, например, шокшинские кварциты, добываемые вблизи Шокши (к югу от Петрозаводска). Они имеют темно-красный цвет и очень красивы в полированном виде. Шокшинским кварцитом облицована верхняя часть мавзолея В.И. Ленина в Москве. Очень красив розовый белорецкий кварцит, разрабатываемый на Алтае. Свободные от примесей кварциты используются также в химической промышленности как кислотоупорный материал. Кварцит используется для изготовления огнеупорного кирпича – динаса.

ЛИСТВЕНИТ. Название по обычным зеленым тонам окраски. Структура равномерно-мелкозернистая. Текстура массивная или пятнистая. Состоит из кварца, магнезита, хромсодержащего мусковита, фуксита, хлорита, пирита или гематита. Цвет из-за присутствия фуксита зеленый, серовато- или желтовато-зеленый. Вследствие разложения пирита буреет. Твердость средняя. Излом неровный. Образуется в результате воздействия углекислых растворов на серпентиниты, в процессе формирования гидротермальных кварцевых жил. Находится в околожильных зонах, сопровождающих золоторудные кварцевые жилы в серпентинитах. Образует ассоциации с тальково-карбонатными породами. Диагностика: яблочно-зеленая окраска, сильный алмазный блеск. Ассоциация с кварцевыми жилами в серпентинитах. По цвету можно спутать с амазонитом. Отличие: отсутствие спайности, более сильный блеск. Практическое значение: сопровождает среднетемпературные золоторудные кварцевые жилы в серпентинитах и некоторые ртутные месторождения. Разности, отличающиеся красивой окраской, используются как поделочный камень. Встречается на Урале (Березовское месторождение недалеко от Екатеринбурга, в районе Миасса), Северный Кавказ, Алтай, Бурятия и другие провинции развития ультраосновных горных пород.

МРАМОР. Структура кристаллически-зернистая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая. Порода целиком состоит из кальцита и (или) доломита. Их количественные соотношения определяют видовую принадлежность мрамора (кальцитовый мрамор, доломитовый мрамор, разновидности смешанного состава). Цвет белый, серый до темно-серого, зеленоватый, розоватый, красный, желтый и кремовый. Зеленый и особенно синий мрамор являются редкими. Блеск стеклянный, искристый, но может быть и матовый. Излом характерный зернистый, называемый «сахарным». Твердость средняя. Кальцитовый мрамор бурно реагирует с 10%-й HCl. Диагностика: по структурно-текстурным особенностям можно спутать с кварцитом. Отличается по твердости и реакции с 10%-ной HCl. От известняков отличается кристаллически-зернистым строением и отсутствием остатков фауны. Мрамор образуется в результате регионального или контактового метаморфизма карбонатных осадочных горных пород и минералов. Один из лучших облицовочных и декоративных материалов, прекрас-

но полируется. Используется для изготовления плит, ступеней, памятников. Мелкие фракции от отходов основного производства используются в лакокрасочной промышленности, в косметической отрасли, в медицине, в сельском хозяйстве. Чистые мраморы – хорошие электроизоляторы. Месторождением самого белого мрамора в России является Коелгинское в Челябинской области. Специалисты считают, что Коелгинский мрамор практически не отличается от знаменитого итальянского. Серый мрамор добывают на Шелеинском месторождении на Урале и в Грузии (м-ие Лопотское). Цветные мраморы распространены на Урале (Нижне-Тагильское, Саткинское, Фоминское месторождения), в Карелии (Белогорское), в Саянах, на Дальнем Востоке (Бираканское).

СЕРПЕНТИНИТ. Название от лат. *serpent* – змея, по характерному пятнистому рисунку. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельноволокнистая. Состоит из серпентина, содержит хромит, магнетит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Твердость средняя. Излом неровный, занозистый. Происхождение: гидротермальнометасоматическое, гипергенное. Образуется в результате метаморфического преобразования магматических ультраосновных горных пород, богатых оливином и пироксеном. Процессы химического выветривания оливин- и пироксенсодержащих горных пород под воздействием поверхностных вод также приводят к образованию серпентинитов. Диагностика: по характерному темно-зеленому цвету, жирному блеску. Серпентиниты иногда сильно магнитны в связи с присутствием в них мелких зерен магнетита. Широко используется как облицовочный материал, поделочный камень. Серпентиниты широко распространены по всему Уралу, на Северном Кавказе, в Армении, Сибири, Казахстане.

СЛАНЦЫ. Являются типичными продуктами регионального метаморфизма. Строение сланцеватое, зернисто-сланцеватое. Окраска в зависимости от минерального состава различная.

По минеральному составу выделяют следующие разновидности:

- 1) слюдяной мусковитовый сланец представлен слюдой белого цвета;
- 2) слюдяной биотитовый сланец представлен слюдой черного цвета;
- 3) двуслюдяной сланец представлен слюдой белого и черного цвета.

Применение: см. мусковит и биотит. Слюдяные сланцы встречаются в Карелии, на Урале, в Сибири.

4) хлоритовый сланец. Состоит из хлорита или хлорита и кальцита. Цвет зеленый различных оттенков. Твердость средняя. Нередко встречаются кристаллы магнетита;

5) тальковый сланец. Состоит из одного минерала – талька. Практическое значение такое же как у талька. Широко распространен на Урале (Свердловская и Челябинская области), в Кемеровской области, Карелии и др.

б) глинистый сланец. Состоит из тонких глинистых частиц с примесью пылеватых частиц кварца, иногда частиц хлорита. Тусклый. Окраска зеленоватая, сероватая, желтоватая, бурая, черная. Легко распадается на плитки.

Не размокает в воде. Если подышать на него – издает землистый запах. Разновидность: кровельный сланец (естественный шифер) – плотный, легко раскалывается на плитки. Используется как кровельный материал. В размельченном виде глинистые сланцы используются в производстве линолеума, изоляционных материалов, резиновых изделий. Встречаются на Урале (Атлянское месторождение), Карелии, Сибири.

ЯШМА. Структура скрытокристаллическая. Текстура крайне разнообразная: массивная, пятнистая, полосчатая, плейчатая (складчатая) и др. Часто образует причудливые узоры. По минеральному составу представляет собой агрегат халцедона и кварца. Встречаются остатки морских животных с кремнистым скелетом. Порода каменистая, очень плотная. Твердость высокая. Излом ровный или раковистый (роговиковый). Осколки острые с режущими и колющими краями. Блеск на свежей поверхности матовый. Окраска породы яркая, как однородная, так и изменчивая в одном куске. Наиболее распространенными являются темно-красные, алые, розовые, бурые, сургучные, палевые, темно-кофейные, вишневые, зеленые, желтые, серые до белых тонов яшмы. Тонко распыленные и неравномерно распределенные примеси эпидота, актинолита, хлорита, слюды, пирита, окислов и гидроокислов железа, марганца и др. обуславливают разнообразие и пестроту окраски породы. Все разновидности яшм выделяют по текстурным особенностям. По характеру окраски выделяют одноцветные и пестроцветные разновидности. Среди пестроцветных яшм наиболее ценными являются пейзажные, текстурный узор которых сопоставим лишь с искусными видовыми зарисовками. Характерными представителями пейзажных яшм являются орские яшмы. По виду рисунка среди пестроцветных выделяют также ситцевые яшмы, характеризующиеся особой текстурой своеобразного сочетания слагающих компонентов с различной окраской. Характерной особенностью полосчатых (ленточных) яшм является чередование разноокрашенных прослоев и полос, толщиной от миллиметра до нескольких сантиметров. Классический представитель – ревневская яшма (гора Ревневая на Алтае), кушкульдинская яшма (Урал). Полосчатые яшмы обнаруживаются и среди пестроцветных орских яшм, где полосчатость представлена в виде тонких прямолинейных или извилистых прослоев белого, желтоватого или розоватого цвета. Среди одноцветных яшм более всего преобладают сургучные и серовато-зеленые технические яшмы, например, серовато-зеленые яшмы Калканского месторождения, Кушкульдинского, буровато-красные Анастасьевского месторождения, серо-синие Мулдакаевского месторождения, кофейные яшмы Луговского и Сафаровского месторождения, красные (сургучные) яшмы Крыма. Диагностическим признаком яшм является характерная яркая, пестрая окраска, высокая твердость. Образование яшм связано с накоплением илов, состоящих из опаловых скелетов микроскопических одноклеточных животных – радиолярий в глубоких, но узких морских впадинах. Кремний усваивался радиоляриями из

морской воды, куда он поступал в большом количестве в результате мощной вулканической деятельности. Яшмы высоко ценятся как красивый и прочный поделочный и декоративный камень. Гетманская булава Богдана Хмельницкого и булава казанского хана Махмета Амина были выточены из яшмы с украшениями из дорогих самоцветов. Калканская яшма, характеризующаяся монолитностью своих образований, является ценным техническим сырьем.

Первое свидетельство о яшме, добытой в России (в Забайкалье), относится к 1717 г. На базе алтайских яшм уже более 200 лет функционирует знаменитый Колыванский камнерезный завод.

Особой известностью пользуются уральские яшмы. Месторождения яшм образуют т.н. яшмовый пояс Южного Урала. Широкая полоса месторождений яшм тянется в меридиональном направлении от города Миасса в Челябинской области к югу примерно на 500 километров. Из группы месторождений яшм особенно выделяется Учалинское месторождение, а также яшмы Магнитогорские и Сибайские. Из Сибайской группы месторождений известностью пользуется Карюкмасское месторождение бледно-розовой и темно-красной карюкмасской яшмы. Большой известностью пользуется аушкульская яшма, палевого и песочного цвета с характерными дендритами марганца, месторождение которой находится на горе Ауштау у озера Аушкуль в Башкирии. На хребте Ирлендык залегает яшма зеленой окраски, в районе марганцевого рудника Султанбай добывают султанбаевскую мясо-красную яшму с белыми кварцевыми прожилками. Южнее Миасса у горы Кумач встречается сургучная яшма, получившая такое название по своему цвету.

На территории СНГ зарегистрировано более 500 месторождений яшм и яшмоидов, самые крупные – на Южном Урале, Горном и Рудном Алтае, Северном Кавказе, в Казахстане, на Дальнем Востоке.

Кремнистая порода, по внешнему виду и физическим свойствам близкая к яшмам, называется яшмоид.

ЯШМОИДЫ – поствулканические кремнистые образования. Основной порообразующий минерал – халцедон с характерным микроволокнистым, сферолитовым сложением. В составе яшмоидов типичны гидроксиды железа, иногда гематит. Яшмоиды связаны с миндалекаменными эффузивами. Распространены на Кавказе, Центральной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, иногда на Урале и Алтае.

АМФИБОЛИТ - метаморфическая горная порода, состоящая главным образом из богатого глинозёмом кальциевого амфибола (роговой обманки), плагиоклаза (андезина) и иногда граната, биотита, эпидота, куммингтонита и кварца. Образуется при региональном и контактовом метаморфизме умеренной и высокой ступеней в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой температурных фаций (500–700 °С). Цвет тёмный (до чёрного). Обычно это среднезернистая порода, серовато-зеленого цвета (до черно-зеленого), часто пестрая из-за равномерного распределения плагиоклаза и роговой обманки. Текстура массивная, сланцеватая, полосчатая или линейная (обусловлена субпараллельной ориентировкой роговой обманки и биотита). Номенклатура амфиболитов

ведётся по характерным дополнительным минералам, соответственно которым различают биотитовые, гранатовые, эпидотовые, кумингтонитовые и другие амфиболиты.

Амфиболиты образуются за счёт материнских пород различного состава: чаще по магматическим породам основного состава (габбро, диабазы, базальты), а также по мергелистым осадкам, основным туфам и туфогенно-осадочным породам. Амфиболиты, возникающие за счёт ультраосновных пород, не содержат плагиоклаза и называются горнблендитами. Встречаются в районах развития метаморфических пород любого возраста, чаще всего на докембрийских щитах (Балтийский, Украинский, Алданский и др.). Как правило, разработка амфиболита ведётся вместе с вмещающими породами (гнейсами, гранито-гнейсами). Месторождение Мусозеро в Мурманской области, Покровское в Архангельской и многие другие. Используется в качестве строительного камня (сырьё на щебень). Местный строительный материал (сырьё на щебень). Поделочные и облицовочные камни (особенно чёрные разновидности амфиболита). Каменное литвё (из амфиболитов Приазовья).

Ход работы

1. Изучение минералогического состава, структур и текстур основных метаморфических горных пород.

1) Выявить основные текстурные признаки и различия метаморфических горных пород рабочей коллекции.

2) На основании текстурных признаков выделить основные типы метаморфизма.

3) Охарактеризовать минеральный состав метаморфических горных пород.

Исходными данными для выполнения задания является таблица 13, где указаны породообразующие минералы, структуры и текстуры наиболее распространенных метаморфических пород.

Таблица 13 – Характеристика метаморфических горных пород

Название породы	Главные породообразующие минералы	Структура	Текстура
Гнейс	кварц, полевой шпат	гранобластовая и порфириобластовая (средне- и крупнозернистая)	полосчатая иногда сочетающаяся со сланцеватой
Кварцит	кварц	гранобластовая (мелко- и среднезернистая)	массивная, реже полосчатая, иногда сланцеватая
Мрамор	кальцит или доломит	гранобластовая (мелко-, средне- и крупнозернистая)	массивная, реже полосчатая, иногда пятнистая
Амфиболит	роговая обманка, плагиоклаз	гранобластовая (средне- и крупнозернистая)	массивная, реже сланцеватая, иногда полосчатая
Кристал-	слюда, хлорит, тальк,	лепидобластовая	сланцеватая, реже плейчатая,

Название породы	Главные породообразующие минералы	Структура	Текстура
лический сланец	актинолит	(мелко- и среднезернистая)	иногда линейная
Глинистый сланец	кварц, слюда, хлорит, глинистые минералы	тонкозернистая, мелкозернистая	сланцеватая (тонкосланцеватая с матовой поверхностью)

Метаморфизм происходит под воздействием высокой температуры и давления, а также вследствие привноса и выноса вещества высокотемпературными растворами и газами. Большую роль также играет исходный минеральный состав горных пород. Метаморфические горные породы классифицируют соответственно типам метаморфизма. По преобладанию тех или иных факторов в ходе преобразования выделяется несколько типов метаморфизма:

1. Региональный метаморфизм вызывается высоким неравномерным давлением и температурой и захватывает большие пространства. Процесс сопровождается перекристаллизацией и новым минералообразованием в условиях расплющивания и пластического течения пород, что приводит к появлению наиболее характерному для метаморфических образований ориентированному (параллельному) расположению минеральных зерен.

2. Динамометаморфизм возникает под воздействием давления в условиях невысоких температур и заключается в интенсивном дроблении минеральных зерен без существенной их перекристаллизации.

3. Контактный метаморфизм наблюдается вдоль границ магматических тел и имеет местное (локальное) значение в преобразовании вмещающих пород, изменении их структуры, текстуры и состава. Вызывается действием высокой температуры, паров и растворов.

4. Пневматолитовый и гидротермальный метаморфизм развивается при интенсивном привносе в породу новых веществ горячими водными растворами и газами, поднимающимися из магматического очага. При этом происходит изменение минерального и химического состава пород.

5. Метасоматоз – возникает при очень интенсивном привносе новых веществ и развитии замещения первичных минералов химически активными веществами.

Особое значение для определения метаморфических горных пород имеют текстурные особенности. Породы регионального метаморфизма обычно имеют сланцеватую текстуру. Локально-метаморфические горные породы характеризуются массивной текстурой.

Метаморфические породы состоят лишь из минералов устойчивых в условиях высоких температур и давления (кварц, полевой шпат, мусковит, биотит, роговая обманка, авгит, магнетит, гематит, кальцит). Также в метаморфических горных породах распространены минералы, характерные только для них: серицит, хлорит, серпентин, гранат, графит и др.

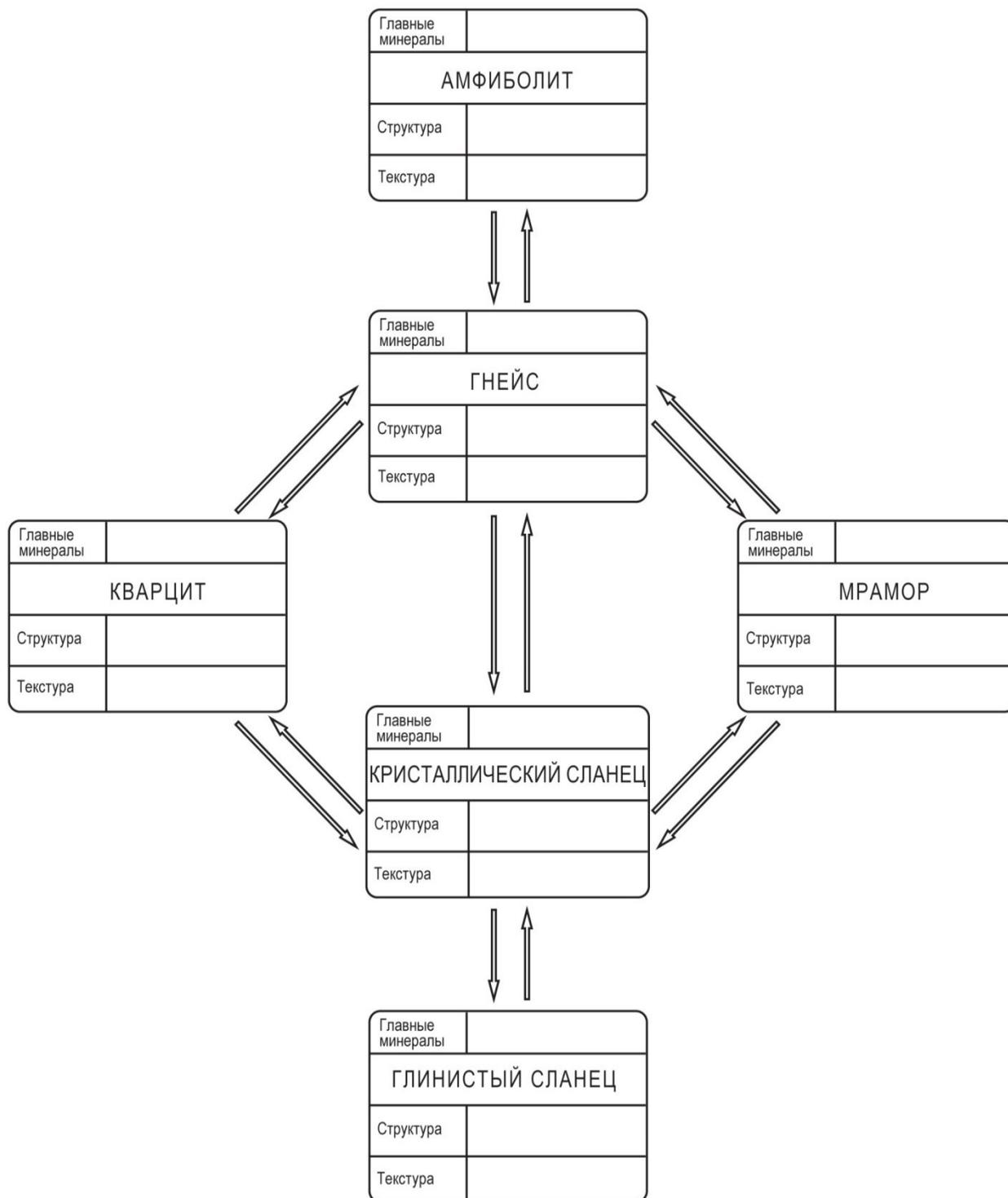


Рисунок 9 – Схема макроскопического определения метаморфических горных пород

Используя данные таблицы 13, заполните схему (Рисунок 9). Проведите анализ схемы и выясните отличительные особенности каждой пары метаморфических пород, соединённых стрелками. В отмеченном стрелками направлении письменно укажите уменьшение или увеличение содержания тех или иных породообразующих минералов, изменение структуры и текстуры.

2. Определение-диагностика метаморфических горных пород.

Используя данные таблицы 13 и рисунка 9, произвести определение образцов метаморфических горных пород (по заданию преподавателя).

Описание метаморфических пород следует производить по следующей схеме:

1. Название
2. Структура
3. Текстура
4. Минеральный состав
5. Происхождение
6. Применение
7. Месторождения
8. Диагностика

Изучение метаморфических горных пород имеет большое практическое значение, т.к. с этими породами связано огромное количество важнейших полезных ископаемых. Крупнейшие месторождения железа связаны с регионально-метаморфизованными породами (КМА, Криворожское и др.). Крупные месторождения полиметаллов, редких металлов связаны с зонами контактово-пневматолитового метаморфизма. Особенно многочисленны месторождения связанные с гидротермальным метаморфизмом (полиметаллы, золото).

Многие метаморфические горные породы сами по себе являются ценными полезными ископаемыми и используются как строительный и декоративный камень.

Форма отчетности

Законченная и оформленная схема по образцу на рис. 9, описание образцов метаморфических горных пород по заданной схеме. Устное собеседование. Тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Какие признаки являются наиважнейшими при определении метаморфических горных пород?
2. Назовите основные факторы и типы метаморфизма с ними связанные.
3. Основные структуры метаморфических горных пород.
4. Основные текстуры метаморфических горных пород.
5. В чем заключаются особенности минерального состава метаморфических горных пород?
6. В чем заключается практическое значение метаморфизма?

Лабораторная работа № 8. Определение вида горной породы

Цель работы – получить навык определения вида горной породы по комплексу внешних признаков.

Приборы и материалы

Учебные коллекции магматических, метаморфических, осадочных горных пород, образцы горных пород, лупа, бинокляр, покровные стекла, 10-%

раствор соляной кислоты, материалы лабораторных работ 5-7, рабочая тетрадь, ручка, карандаш, линейка, ластик.

Общие сведения

При определении горных пород необходимо всегда помнить, что породы магматического, метаморфического и осадочного происхождения имеют свои характерные внешние признаки, позволяющие отличать их друг от друга. Это касается тех случаев, когда в образце на глаз все особенности породы хорошо различимы.

В более сложных случаях для определения вида породы необходимо детальное изучение с помощью микроскопа или других видов анализа.

Наиболее характерными чертами магматических пород являются следующие:

1. Силикатный состав, то есть наличие в числе главных породообразующих минералов таких, как полевые шпаты, цветные минералы (слюда, роговая обманка, авгит, оливин), кварц.

2. Структура кристаллическая, неполнокристаллическая или стекловатая.

3. текстура массивная или пористая.

Большинство осадочных пород – рыхлые или землистые образования с небольшой твердостью или плотные породы с малой твердостью. Для многих характерна реакция с HCl, что не свойственно породам магматического происхождения с характерным силикатным составом.

Для большинства осадочных пород характерно слоистое сложение.

Труднее опознавать цементированные обломочные породы, такие, например, как песчаники. Их можно спутать с кварцитами. С помощью лупы в таком случае можно рассмотреть в образце песчаника его зернистое строение и цементирующее зерна минеральное вещество. В кварците зерна кварца слиты с кварцевым цементом в одну сплошную массу.

Для метаморфических пород очень часто характерно сланцеватое сложение и значительная прочность. Большинство их, как и магматические, силикатного состава. К карбонатным породам относятся только мраморы. Они реагируют с HCl. Таким же характером взаимодействия с HCl характеризуются известняки – породы осадочного происхождения. Мраморы, однако, имеют явно кристаллическое строение, хорошо различаемое даже невооруженным глазом, что отличает их от известняков.

Ход работы

1. Определите принадлежность выданных образцов горных пород к определённому типу, группе и виду.

2. Обоснуйте определение убедительными соображениями, ссылками на минералогический состав, структуру, текстуру, цвет, вес и прочие особенности. Для определения пород рекомендуется пользоваться схемой-определителем (Рисунок 10), определителем горных пород (Таблица 10).

3. Все результаты определения записать в соответствующей форме: таблиц 14, 15, 16.

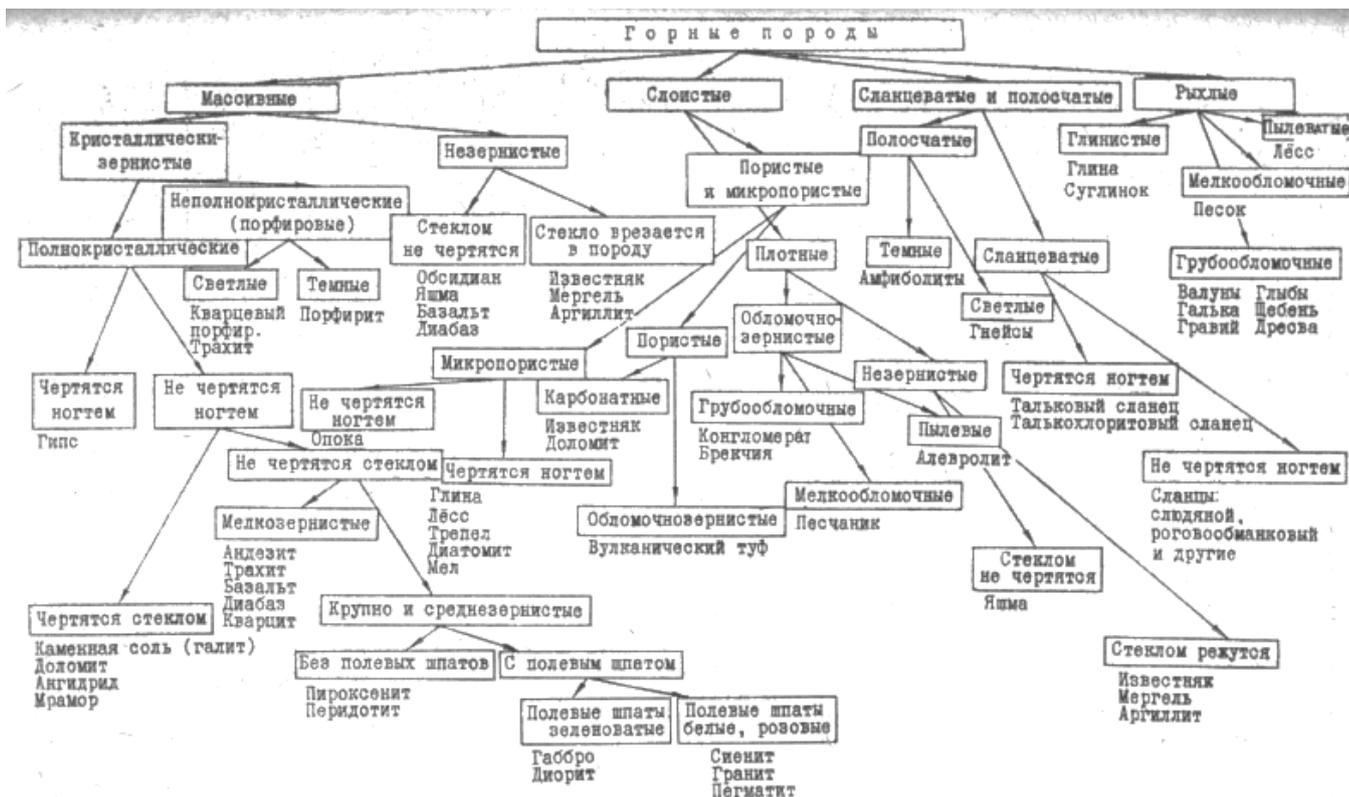


Рисунок 10 – Схема для определения горных пород разного происхождения по внешним признакам

Таблица 14 – Магматические породы

№ образца	Структура	Текстура (сложение)	Подтип	Окраска	Группа по кислотности	Породообразующие минералы	Содержание минерала, %	Название породы

Таблица 15 – Осадочные породы

№ образца	Структура	Окраска	Взаимодействие с HCl	Текстура	Особые черты	Класс	Название породы

Таблица 16 – Метаморфические породы

№ образца	Структура	Текстура	Окраска	Породообразующие минералы	Особые черты	Название породы

Форма отчетности

Заполненные таблицы с правильно определенными образцами горных пород. Устное собеседование, тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите характерные признаки магматических горных пород?
2. Перечислите характерные признаки осадочных горных пород?
3. Перечислите характерные признаки метаморфических горных пород?

Лабораторная работа № 9. Геология и минеральные ресурсы Калининградской области

Цель работы – систематизация знаний, полученных в процессе обучения (на лекциях, практических занятиях, самостоятельной работы с литературой, коллекциями). Подготовка к зачету, полевой учебной практике.

Приборы и материалы

Рабочая тетрадь, литературные источники: Географический атлас Калининградской области, 2002 г., Очерки природы Калининградской области, 1999 г., ручка, линейка.

Ход работы

1. Заполните свободные строки и столбцы в таблице 17. Работа должна быть выполнена самостоятельно.

Таблица 17 – Геология и минеральные ресурсы Калининградской области

Эон	Эра	Период (Система)	Эпоха (Отдел)	Время, млн лет	Этапы тектонического развития	Литологический состав	Полезные ископаемые
ФАНЕРОЗОЙСКИЙ РИ	Кайнозойская KZ	Четвертичный Q	Голоцен	0,01			
			Плейстоцен	1,8			
		Неогеновый N	Плиоцен				
			Миоцен	23			
		Палеогеновый E	Олигоцен				
			Эоцен				
	Палеоцен		65				
	Мезозойская MZ	Меловой K	Поздняя				
			Ранняя	145			
		Юрский J	Поздняя				
			Средняя				
			Ранняя	200			
		Триасовый T	Поздняя				
			Средняя				
			Ранняя	251			
		PZ	Пермский P	Люпингий			
	Гваделупий						
	Цтеуральный			299			

Продолжение таблицы 17

ФАНЕРОЗОЙСКИЙ РН	Палеозойская PZ	Каменно-угольный C	Пенсильваний			
			Миссисипий	359		
		Девонский D	Поздняя			
			Средняя			
			Ранняя	416		
		Силурийский S	Пржидол			
			Лудлов			
			Венлок			
			Лландовери	444		
		Ордовикский O	Поздняя			
			Средняя			
			Ранняя	488		
		Кембрийский ε	Поздняя			
			Средняя			
			Ранняя	542		

Эон	Эра	Восточно-Европейская Платформа		Время, млрд л
Протерозойский PR	Неопротерозойская	Поздний протерозой	Венд	1,0
			Рифей	1,6
	Мезопротерозойская			
	Палеопротерозойская		Ранний протерозой	2,5
Архейский AR	Неоархейская		Поздний архей	2,8
	Мезоархейская			3,2
	Палеоархейская		Ранний архей	3,6
	Эоархейская			4,0

Форма отчетности

Заполненная таблица, устное собеседование, тестирование.

Вопросы для самопроверки

1. Геологическое строение Калининградской области?

2. Как возникли отложения бурых углей на территории Калининградской области?
3. Дайте характеристику месторождения янтаря на территории Калининградской области.
4. Где на территории Калининградского региона отмечены месторождения нефти?
5. Калийные соли на территории Калининградской области.

Литература

1. Барская В.Ф., Рычагов Г.И. Практические работы по общей геологии: Учебное пособие. – М.: Просвещение, 1970. – 158 с.
2. Бирюков, Н.С. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов / Н.С. Бирюков, В.Д. Казарновский [и др.]. – М.: Недра, 1973.
3. Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии: Учебник. / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1986. 286 с.
4. Бондарев, В.П. Основы минералогии и кристаллографии: учебно с элементами пособие для педагогич. вузов / В.П. Бондарев. – М.: Высшая школа, 1978. 192 с.
5. Васильева, Н.Н. Минералогия и петрография: учебно-практическое пособие / Н.Н. Васильева. – Челябинск: Изд-во Юж.-Урал. гос. гуманитар.-пед. ун-та, 2017. – 233 с.
6. Географический атлас Калининградской области / Гл. редактор Орленок В. В. – Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. – 276 с.
7. Геологический словарь: т. 1: А–М / ред. коллегия. – М., 1973.
8. Геологический словарь: т. 2: Н–Я / ред. коллегия. – М., 1973.
9. Геология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Н. В. Короновский, Н.А.Ясаманов. — 7-е изд., перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2011. — 448 с.
10. Гурский, Б.Н. Практикум по общей геологии / Б.Н. Гурский. – Минск: Высшая школа, 1978.
11. Ельцина Г.Н. Определитель минералов: Учебное пособие / Калинингр. ун-т. - Калининград, 1995. - 49 с.
12. Жуков, М.М. Основы геологии / М.М. Жуков. – М.: Недра, 1971.
13. Каденская, М.И. Руководство к практическим занятиям по минералогии и петрографии / М.И. Каденская. – М., 1976.
14. Калининградская область: Очерки природы. / Сост. Д. Я. Беренбейм; Науч. ред. В. М. Литвин. - 2-е издание, дополненное и расширенное. - Калининград: Янтарный сказ, 1999. - 228 с.: ил. - (ПИК: Природа. История. Культура).
15. Кузнецов А.Г., Блага Н.Н. Методические указания и задания к проведению лабораторных работ по геологии общей и исторической для студентов 1–2 курса дневной и заочной форм обучения образовательного

квалификационного уровня «бакалавр» направления подготовки 6.070104 – география отрасль знаний 0401 – естественные науки. Симферополь, 2011. 28 с.

16. Курс минералогии: учебное пособие / А. Г. Бетехтин. — М.: КДУ, 2007. — 721 с.

17. Малахов, А.А. Практикум по геологии / А.А. Малахов [и др.] — М., 1966.

18. Миловский, А.В. Минералогия / А.В. Миловский, О.В. Кононов. — М.: МГУ, 1977, 1982.

19. Миловский, А.В. Минералогия и петрографии / А.В. Миловский. — М.: Недра, 1968.

20. Минералы и горные породы СССР / ред. А.И. Гинзбург. — М., 1970.

21. Музафаров В. Г. Основы геологии. Учеб. пособие для учащихся по факультативному курсу. М., «Просвещение», 1972. 160 с.

22. Музафаров В.Г. Минералогия и петрография. М. Просвещение. 1964. 175 с.

23. Музафаров В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. М.; Недра, 1979. 327 с.

24. Мурашко, Л. И. Геология Беларуси: лабораторный практикум / Л. И. Мурашко. — Минск: БГУ, 2007. 46 с.

25. Общая геология: в 2 тт. / Под редакцией профессора Л. К. Соколовского. — М.: КДУ, 2006. Т. 1: Общая геология : учебник / Под редакцией профессора А. К. Соколовского. — 448 с.

26. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: Учеб. пособие для вузов / В.Н. Павлинов, А.Е. Михайлов, Д.С. Кизевальтер и др. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1988. 149 с.

27. Практическое руководство по общей геологии: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Гуцин, М.А. Романовская, А.Н. Стафеев, В.Г. Талицкий; под ред. Н.В. Короновского. — 2-е издание стер. — М.: «Академия», 2007. — 160 с.

28. Структуры и текстуры магматических и метаморфических горных пород: учеб. пособие. — Томск: Издательский Дом ТГУ, 2018. — 136 с.

29. Трусова, И.Ф. Петрография магматических и метаморфических пород / И.Ф. Трусова, В.И. Чернов. — М.: Недра, 1982.

30. Шарай В.Н., Викарук Л.Н. Лабораторные работы по общей и инженерной геологии. Учебное пособие для строит. Специальностей вузов. Мн.: «Вышэйш. Школа», 1971. 550 с.

31. Ярков А.А., Шурховецкий А.В. Геология. Методическое пособие для студентов I курса направления «Экология и природопользование» / ВГИ (филиал) ВолГУ. — Волжский, 2007. - 18 с.

Локальный электронный методический материал

Надежда Николаевна Цветкова

Геология

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 11,1. Печ. л. 8,7.

Издательство федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
236022, Калининград, Советский проспект, 1