

**Михневич Г.С.
Фидаев Д.Т.**

«Практикум по минералогии»

УДК 552.022 (075.8)
ББК 26.3я73
М699

Практикум по минералогии (пособие к лабораторным занятиям по курсу «Практикум по минералогии»).

Аннотация. Пособие содержит сведения об основных и дополнительных свойствах минералов и способах их визуального определения. Рассмотрена классификация минералов по химическому составу, охарактеризованы важнейшие диагностические признаки 70 наиболее распространенных минералов и их разновидностей. Наличие краткого определителя минералов в конце пособия позволяет быстро ориентироваться и находить описание нужного минерала.

Пособие предназначено для работы студентов негеологических специальностей по определению основных минералов в рамках курса «Практикум по минералогии». Может использоваться также при изучении курсов по геологии, гидрогеологии, геоморфологии и проведении полевой геолого-геоморфологической практики. Также может быть полезно учителям средних школ, учащимся и всем интересующимся минералогией.

Рецензенты: ведущий научный сотрудник АО ИО РАН, кандидат геолого-минералогических наук Чернышова Е.А.; директор школы «Юный геолог», кандидат геолого-минералогических наук Колесник Т.Б.

Содержание

Введение

Глава I. Общие сведения о минералах

Глава II. Классификация минералов

1. Самородные элементы.
2. Сульфиды
3. Сульфаты.
4. Галоиды
 - Хлориды
 - Фториды
5. Фосфаты
6. Карбонаты
7. Окислы и гидроокислы
 - Группа кремнезема.
 - Группа окислов и гидроокислов алюминия.
 - Железные окислы и гидроокислы.
 - Прочие окислы
8. Силикаты.
 - Островные силикаты.
 - Кольцевые силикаты.
 - Цепочечные силикаты.
 - Ленточные силикаты.
 - Листовые силикаты.
 - Каркасные силикаты

Глава III. Краткий определитель важнейших минералов

1. Диагностические признаки минералов
2. Таблица для определения минералов

Список рекомендуемой литературы

Введение

Предлагаемый материал предназначен в качестве учебного пособия к лабораторным занятиям по минералогии для студентов географического факультета, изучающих курсы "Общей геологии" и «Практикум по минералогии». Согласно учебной программе, на лабораторных занятиях студенты знакомятся с главнейшими пороодообразующими и рудными минералами, а также важнейшими горными породами, получают навыки макроскопического их определения. Изучают основы стратиграфии и геохронологии, знакомятся с геологическими картами и составлением геологических разрезов по ним, приобретают навыки работы с геологическим компасом. Ввиду ограниченности объема издания, здесь рассматривается только лишь раздел минералогии.

В пособии основное внимание уделено простейшим физическим свойствам наиболее распространенных в природе минералов, макроскопические определения которых не требует специальных технических средств (как при оптических, спектральных и других исследованиях). В первой главе пособия даются краткие теоретические сведения о кристаллографических элементах минералов, их морфологии, физических свойствах и генезисе. Во второй главе рассматривается классификация минералов. В описательной форме дается характеристика наиболее широко распространенных групп минералов, их диагностические признаки, условия образования, известные месторождения, а также области их применения. В конце прилагается определитель минералов в табличной форме, где изложены основные диагностические признаки минералов, которые послужат дополнительным ключом для определения и сравнения минералов.

Авторы выражают глубокую благодарность ведущему научному сотруднику АО ИО РАН, кгмн Чернышовой Е.А., и директору школы «Юный геолог», кгмн Колесник Т.Б. за ценные советы и замечания при подготовке учебного пособия к изданию.

Глава I. Общие сведения о минералах

Изучение вещества Земли ведется от самых мельчайших частиц, соответствующих атомам и химическим элементам, до самых крупных, соответствующих земной коре, и всей Земли в целом. Среди этих объектов очень важное место занимает минералы и горные породы. Земная кора, сложена различными горными породами, возникшими в результате эндогенных, экзогенных и метаморфических геологических процессов. Составную часть горных пород образуют минералы.

Минералы это природные тела, представляющие собой самородный элемент или химическое соединение элементов, возникшие в земной коре или на ее поверхности в результате разнообразных физико-химических процессов. Наука, занимающаяся изучением минералов, называется *минералогией*.

В природе известно около 2000 самостоятельных минералов, а число их разновидностей более 4000. Разновидности минералов, обычно имеют свои названия и отличаются от основного, состоянием вещества или некоторыми физическими свойствами. Широко распространенных в природе минералов насчитывают около 450 видов, а среди них наиболее часто встречаемых около 70 минералов, которые составляют основной объем всех известных горных пород земной коры. Эти минералы называют *породообразующими*.

Минералы встречаются в твердом, жидком (вода, нефть, ртуть) и газообразном (горючие газы, сероводород) состояниях. Основную массу минералов составляют твердые тела (93%), а на долю жидких и газообразных приходится не более 7%. Абсолютное большинство известных твердых минералов составляют кристаллические тела (98%) и лишь незначительную часть (2%) – аморфные. Различие между кристаллическими и аморфными телами заключается в их внутреннем строении.

Кристаллы это твердые тела, имеющие естественную форму многогранника. Основными признаками кристаллического тела считают строго определенную группировку слагающих их атомов, ионов, молекул, которые занимают определенные места в пространстве и образуют кристаллические решетки (рис. 1).

В кристаллах различают следующие элементы ограничения: грани (а), ребра (в), углы или вершины (с). Количество элементов ограничения кристалла связано между собой простой зависимостью: $a + c = b + 2$. Например, элементы ограничения кристалла кубической формы (гексаэдр) имеет следующее соотношение: $6 + 8 = 12 + 2$. Поверхность кристалла ограничена плоскостями, называемые гранями, места пересечения граней образуют ребра, а точки пересечения ребер образуют вершины.

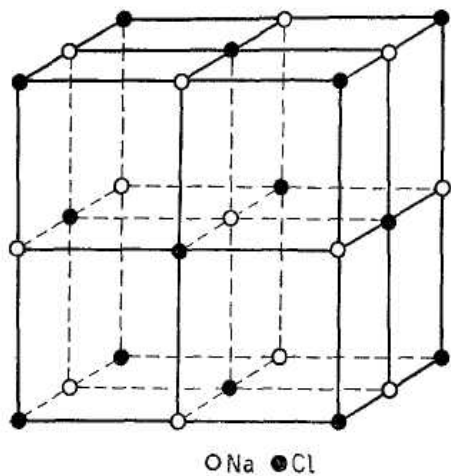


Рис. 1. Кристаллическая решетка каменной соли (галита). Черные кружки - ионы натрия, белые - ионы хлора

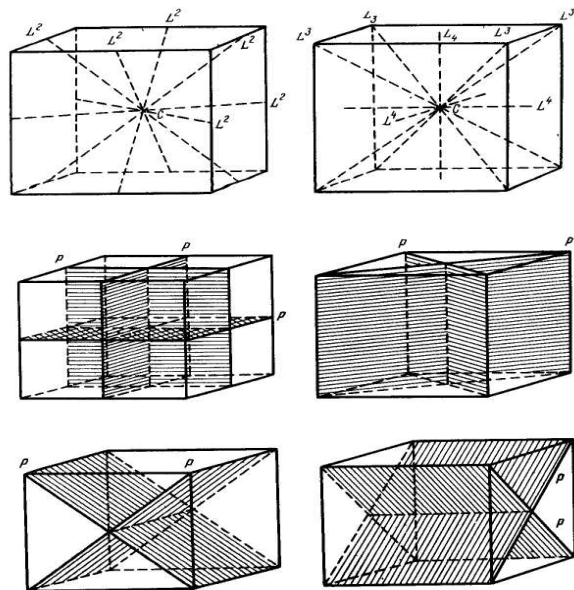


Рис. 2. Элементы симметрии кристалла кубической формы: L - ось симметрии, С- центр симметрии, Р- плоскость симметрии

Все кристаллы одного и того же минерала имеют одинаковую структуру и одинаковые *гранные углы*, известный в кристаллографии, как *закон постоянства углов*. Углы между соответствующими гранями во всех кристаллах одного и того же минерала при одинаковых термодинамических условиях образования постоянны. Эта закономерность очень важна для диагностики минералов. Следующим важным свойством, отражающим закономерности внутреннего строения минералов, является *симметрия кристаллов*. Различают следующие элементы симметрии:

а) *плоскость симметрии* – воображаемая плоскость, которая делит кристалл на две равные (зеркально) части и обозначается латинской буквой Р. Наибольшее количество плоскостей имеет куб (9) (рис. 2);

б) *ось симметрии* – воображаемая прямая, при вращении вокруг которой на 360° кристалл два или больше раз совмещается всеми своими точками с первоначальными точками в пространстве (рис. 2). Ось симметрии обозначается латинской буквой L. Порядок оси показывает, сколько раз при повороте на 360° произойдет совмещение каждой из граней. В кристаллах возможны оси второго L^2 , третьего L^3 , четвертого L^4 и шестого L^6 порядков;

в) *центр симметрии* – точка внутри кристалла, в которой пересекаются и делятся пополам линии, соединяющие соответствующие точки на поверхности кристалла (рис. 2). Центр симметрии обозначается латинской буквой С.

Элементы симметрии присутствуют в кристаллах не только поодиночке, но и в определенных комбинациях друг с другом. Совокупность всех элементов симметрии называется его *видом (или классом) симметрии*. Существуют 32 вида симметрии (табл. 1).

Сингония это группа видов симметрии, обладающих одним или несколькими элементами симметрии. По степени симметричности выделяют следующие сингонии: триклинная, моноклинная, ромбическая, тригональная, тетрагональная, гексагональная, кубическая. Сингонии в свою очередь, группируются в три категории: низшую, среднюю и высшую (табл. 1).

Таблица 1

Сингонии и характерные им элементы симметрии

Категории	Сингонии	Максимум элементов симметрии	Минимум элементов симметрии
Высшая	Кубическая	$3L^4 4L^3 6L^2 9PC$	Более одной оси высшего порядка*
Средняя	Гексагональная	$L^6 6L^2 7PC$	L^6
	Тетрагональная	$L^4 4L^3 5PC$	L^4
	Тригональная	$L^3 3L^2 3PC$	L^3
Низшая	Ромбическая	$3L^2 3PC$	$>1 L^2$ или $>1P$
	Моноклинная	$L^2 PC$	L^2 или P
	Триклинная	C	Нет элементов симметрии

*Осями высшего порядка являются L^6 , L^4 , L^3 .

Кристаллические формы. По внешнему ограничению все кристаллы делят на простые и сложные (комбинации простых) формы (рис. 3). К первой группе относятся кристаллы, состоящие из одинаковых по форме и величине симметрично расположенных граней (куб, тетраэдр, октаэдр). Ко второй группе принадлежат кристаллы, обладающие различными по величине и очертаниям грани, т.е. комбинации двух или нескольких простых кристаллических форм. В кристаллографии известно всего 47 типов простых форм и множество их комбинаций (рис. 4).

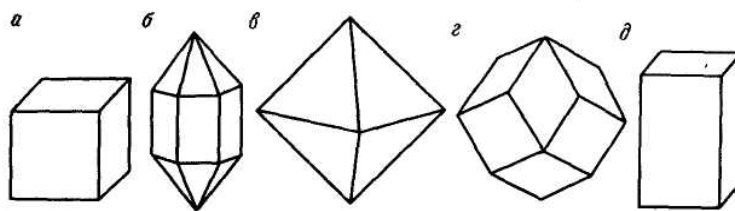


Рис. 3. Формы кристаллов: а, в, г - простые; б, д - комбинации простых форм

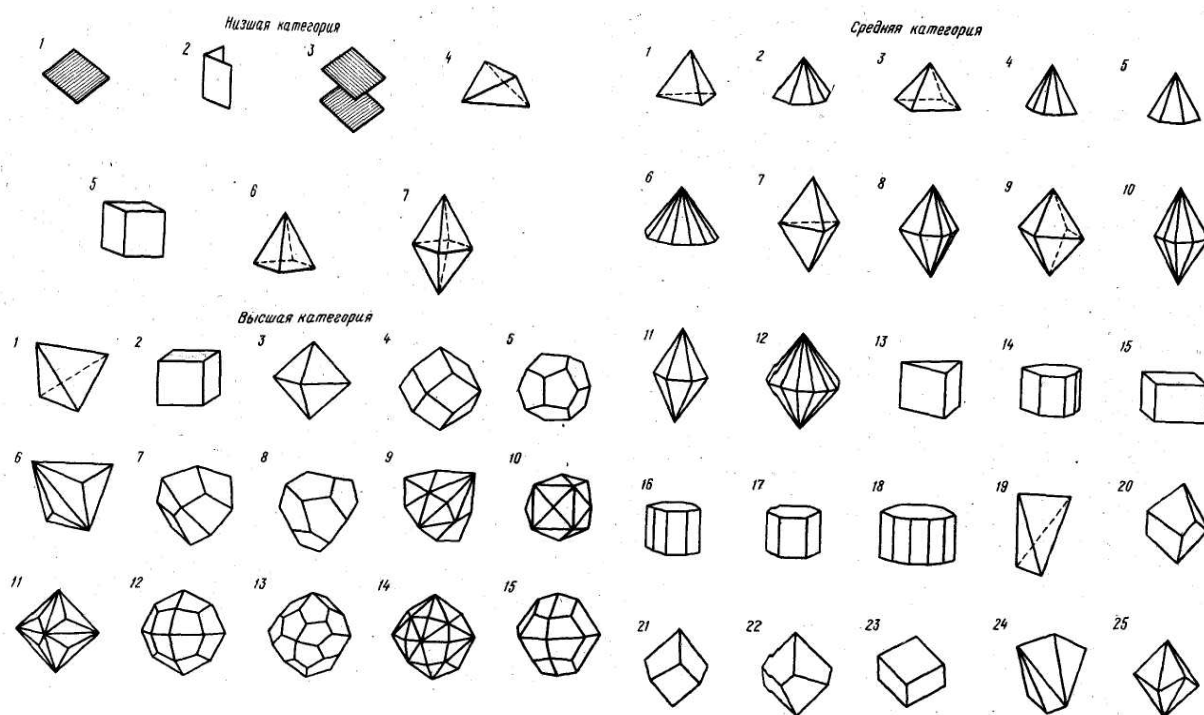


Рис. 4. Простые формы кристаллов:

Нижшая категория: 1 - моноэдр; 2 - диэдр; 3 - пинакоид; 4 - ромбический тетраэдр; 5 - ромбическая призма; 6 - ромбическая пирамида; 7 - ромбическая дипирамида.

Средняя категория: 1-6 - пирамида (1 - тригональная, 2 - дитригональная, 3 - тетрагональная, 4 - дитетрагональная, 5 - гексагональная, 6 - дигексагональная); 7-12 - дипирамида (7 - тригональная, 8 - дитригональная, 9 - тетрагональная, 10 - дитетрагональная, 11 - гексагональная, 12 - дигексагональная); 13-18 - призма (13 - тригональная, 14 - дитригональная, 15 - тетрагональная, 16 - дитетрагональная, 17 - гексагональная, 18 - дигексагональная); 19 - тетрагональный тетраэдр; 20-22 - трапецоэдр (20 - тригональный, 21 - тетрагональный, 22 - гексагональный); 23 - ромбоэдр; 24-25 - скаленоэдр (24 - тетрагональный, 25 - дитригональный).

Высшая категория: 1 - кубический тетраэдр; 2 - гексаэдр (куб); 3 - октаэдр; 4 - ромбододекаэдр; 5 - пентагондодокаэдр; 6 - тригонритетраэдр; 7 - тетрагонритетраэдр; 8 - пентагонритетраэдр; 9 - гексатетраэдр; 10 - тетрагексаэдр; 11 - тригоитриоктаэдр; 12 - тетрагонтриоктаэдр; 13 - пентагонтриоктаэдр; 14 - гексоктаэдр; 15 - дидодокаэдр.

Изоморфизм от греческого «изос» равный, одинаковый, «морфе» - форма. Это явление взаимного замещения атомов и ионов в кристаллических решетках минералов без нарушения их строения. Явление изоморфиз-

ма очень широко распространены в минералах. Возможность изоморфных замещений обусловлена с одной стороны, близостью свойств самих атомов и ионов и, с другой, некоторыми параметрами процессов минералообразования (температура, давление и др.). Так, минерал оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ представляет собой изоморфную смесь, где атомы Mg в структуре минерала замещаются атомами Fe. Конечные члены этого замещения носят названия форстерит $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ и фаялит $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$.

Различают два вида изоморфизма: простой и сложный. Простой изоморфизм, когда взаимозамещаются ионы, имеющие одинаковую валентность (изовалентный изоморфизм). Например, Mg^{2+} и Fe^{2+} в оливине. Сложный изоморфизм, когда происходит замещение ионов разных валентностей (гетеровалентный изоморфизм). Например, замещение в слюдах Al на Mg; в нефелине Na на Ca и другие.

Полиморфизм от греческого «поли» - много, «морфе» - форма, т.е., многоформность. При полиморфизме одинаковые по химическому составу минералы образуют различные структуры. Например, при одинаковом составе, состоящие из углерода (C), алмаз и графит имеют, совершенно различные свойства. Причина различных свойств указанных минералов объясняется условиями их образования. Алмаз самый твердый минерал (твердость 10), графит самый мягкий (твердость 1). Плотность алмаза $3,5 \text{ г/см}^3$, а графита $2,2 \text{ г/см}^3$.

Минеральные агрегаты. Различные скопления и сростки зерен кристаллов называют *минеральными агрегатами*. Форма минеральных агрегатов определяется условиями их образования, поэтому один и тот же минерал может дать агрегаты различных форм. В природе наиболее распространены разнообразные зернистые агрегаты, ими сложены все кристаллические горные породы.

Зернистые агрегаты различаются по величине зерен: крупнозернистые ($>3 \text{ мм}$), среднезернистые ($1-3 \text{ мм}$), мелкозернистые ($<1 \text{ мм}$), также выделяют равномернозернистые и неравномернозернистые. В зависимости от формы и расположения зерен выделяют: пластинчатые, листоватые, плоскопризматические (слюды, хлорит, тальк и др.). В зависимости от степени длины и толщины кристаллических зерен выделяют: столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые агрегаты.

Землистые агрегаты характерны для порошковатых, рыхлых минералов и для осадочных горных пород (глины, бокситы, каолин и др.).

Различают *плотные (скрытокристаллические)* агрегаты (опал, халцедон, лимонит и др.).

Друзы (или щетки) (рис. 5а) представляют собой сростки кристаллов, прикрепленные к общему основанию. В природе встречаются крупные друзы кварца, кальцита, топаза, пирита и других минералов.

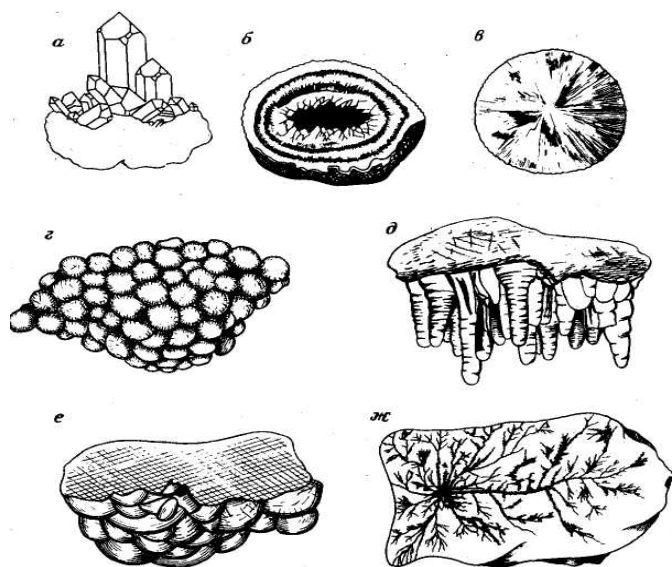


Рис. 5. Минеральные агрегаты:

- а - друзы кварца;
- б – секреция;
- в – конкреция;
- г – оолиты;
- д – сталактиты;
- е – почковидные агрегаты;
- ж - дендриты

Секреции (рис. 5б) представляют собой округлую форму отложения минерального вещества в пустотах горных пород, причем рост происходит от периферии к центру. Секреции имеют концентрически – зональное строение.

Конкреции (рис. 5в) представляют собой стяжения округлой формы, со скорлуповатым или радиальнолучистым строением. Они образуются за счет отложения минерального вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации. Рост кристаллов направлен от центра к периферии. Конкреции обычно находят среди осадочных пород. Примеры округлых конкреций – фосфориты, сферосидерит, марказит и другие минералы.

Оолиты (рис. 5г) представляют собой сцементированные агрегаты мелких ($d=10-15$ мм) округлых выделений концентрического строения. Оолиты образуются в водной среде при скоплении минерального вещества вокруг песчинок или других мелких частиц. Оолиты характерны для арагонита (гороховый камень), боксита, лимонита (бобовые руды).

Натечные агрегаты (рис. 5д, 5е) образуются в пустотах (трещинах, полостях, пещерах) при медленной кристаллизации из коллоидных растворов, или при их испарении. Натечные формы могут иметь вид сосулек, растущих сверху (сталактиты) и снизу (сталагмиты), обычно карбонатного (кальцит) состава. Натеки имеют различные почковидные (малахит, гематит) и гроздевидные формы (кальцит). Внутреннее строение натечных агрегатов зонально-концентрическое.

Дендриты (рис. 5ж) – ветвистые древовидные агрегаты, образуются при быстрой кристаллизации растворов в тонких трещинах (дендриты самородной меди, серебра); некоторые дендриты возникают при коагуляции коллоидных растворов насыщенные окислами марганца и железа в вязкой среде, чаще в глинах.

Физические свойства минералов. Каждый минерал обладает определенными свойствами, характерными только для него. Однако отдельные физические свойства у различных минералов могут быть одинаковыми и наоборот, какое-либо свойство у одного и того же минерала меняться в зависимости от примесей. Поэтому знание физических свойств минералов имеет большое практическое значение для их диагностики (распознавания).

Главными физическими свойствами минералов являются цвет (окраска), твердость, плотность, спайность, оптические свойства, излом и др.

Цвет минералов имеет важное диагностическое значение. Особенно значимо цвет минералов для драгоценных камней, самоцветов и декоративных материалов. Цвет минералов зависит главным образом от химического состава и примесей – элементов хромофоров. К носителям цвета – хромофорам, относятся Cr, V, Ti, Mn, Fe, Ni, Co, Mo, U и некоторые другие элементы.

Минералы могут иметь самые разные цвета и оттенки. Различают три вида цвета минералов: идиохроматический, аллохроматический и псевдохроматический.

Идиохроматический (от греч. идиос – собственный) свойственен минералам с постоянным, неменяющимся цветом, что очень важно для их диагностики. Например, красный рубин, зеленый малахит и др.

Аллохроматический (от греч. аллос – посторонний) цвет не зависит от химического состава самого минерала, а связан с микровключениями посторонних элементов. Цвет минерала в этом случае не постоянен. Например, бесцветный кварц в зависимости от посторонних включений, приобретает разную окраску: фиолетовую (аметист), золотисто-желтую (цитрин), черную (морион), буро-коричневую (авантюрин), зеленую (празем).

Псевдохроматический (от греч. псевдо – ложный) цвет вызывается оптическими эффектами, интерференцией световых волн при их отражении от трещин тонких пленок на поверхности и различных включений в минералах. Примером псевдохроматического цвета может быть *побежалость* (пестрая игра цветов) минерала. Яркие цветовые отливы побежалости характерны для минералов борнита, ковеллина, халькопирита.

Цвет черты - обычно получают из тонкого порошка минерала. Для получения порошка, достаточно прочертить минералом по шероховатой (неглазурованной) фарфоровой пластинке. Минералы, твердость которых невелика, оставляют черту на пластинке. Если твердость минерала выше твердости фарфора, то для определения цвета черты рекомендуется прежде соскрести напильником немного порошка, а потом растереть его на пластинке.

Цвет черты минералов является более постоянным по сравнению с их

основным цветом, что может служить важным диагностическим признаком. Так, черные по внешнему виду гематит, хромит, сфалерит оставляют соответственно вишнево-красную, желтую и темно-коричневую черту. Цвет черты некоторых минералов совпадает с основным цветом. Например, у черного магнетита черта черная, у красной киновари – красная, у синего лазурита – синяя, у зеленого малахита – зеленая и т.д.

Блеск минералов зависит от показателя преломления и отражения. Световой луч, падая на поверхность минерала, частично отражается и частично преломляется или поглощается минералом. Отраженный свет создает эффект блеска минерала.

По характеру блеска выделяют следующие виды (в порядке увеличения его интенсивности): а) *стеклянный блеск* - характерен для прозрачных и полупрозрачных минералов с показателями преломления 1,3–1,9 (лед, кварц, флюорит, полевые шпаты, гранаты и др.); б) *алмазный блеск* – характерен для минералов с показателем преломления 1,9–2,6 (алмаз, касситерит, сфалерит, циркон и др.); в) *полуметаллический блеск* – характерен для минералов полупрозрачных минералов с показателями преломления 2,6–3,0 (киноварь, гематит, графит и др.); г) *металлический блеск* – характерен для непрозрачных минералов с показателями преломления $> 3,0$ (галенит, пирит, молибденит, халькопирит, антимонит и др.).

Блеск минералов зависит также от характера отражающей поверхности - гладкость или неровность, тонкодисперсный или волокнистый агрегат. *Жирный блеск* – характерен для каменной соли (галит), нефелина, самородной серы (в свежем изломе). *Восковый блеск* имеют некоторые кремни, скрытокристаллические разновидности сфалерита, тальк и др. *Матовый блеск* – характерен пористым поверхностям (сухой каолин, лимонит, сажаистый пиролюзит). *Перламутровый блеск* – характерен для прозрачных минералов с совершенной спайностью (вермикулит, мусковит, пластинчатый гипс). *Шелковистый блеск* – характерен для минералов с параллельно-волокнистым строением (хризотил-асбест, гипс-селенит, волокнистый малахит, серицит).

С блеском минералов тесно связана их **прозрачность** (свойство минералов пропускать свет сквозь себя). По этому признаку минералы делятся на следующие группы: *прозрачные* (горный хрустал, топаз, исландский шпат), *полупрозрачные* (изумруд, цинковая обманка) и *непрозрачные* (пирит, магнетит, графит). Многие минералы, непрозрачные в больших кусках, просвечивают в тонких осколках или шлифах.

Твердость – способность минералов противостоять внешнему механическому воздействию. Для определения твердости в минералогии пользуются относительной шкалой твердости Мооса (немецкий минералог), в которую входят 10 минералов, расположенные в порядке увеличения

твердости (табл. 2). Точное определение твердости получают с помощью специальных приборов склерометров (твердомеров). В склерометре, твердость определяется по глубине вдавливания алмазной пирамидки квадратного сечения в исследуемом объекте, что наблюдается под микроскопом. Каждый минерал из шкалы твердости царапает предыдущий, а последующий, более твердый, оставляют царапину на нем.

В полевой обстановке для определения твердости минерала пользуются следующими эталонами: ноготь - твердость 2,5; медная монета – 3; бронзовая монета – 3,5; стекло – 5; лезвие стального ножа – 6; напильник 7. По твердости минералы делят на три группы: *мягкие* – царапаются ногтем (тальк, гипс, графит); *средние* – не царапаются ногтем и не оставляют царапины на стекле (минералы группы карбонатов и сульфатов, халькопирит, галенит и др.); *твердые* – царапают стекло (кварц, полевые шпаты, касситерит, нефелин и др.).

Таблица 2

Шкала твердости минералов

Эталонные минералы	Химическая формула минерала	Твердость минерала	Величина твердости, полученная склерометром
тальк	$Mg_2[Si_4O_{10}](OH)_2$	1	2,3
гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	36
кальцит	$CaCO_3$	3	109
флюорит	CaF_2	4	189
апатит	$Ca_5(F,Cl)[PO_4]_3$	5	536
ортоклаз	$KAlSi_3O_8$	6	795
кварц	SiO_2	7	1120
топаз	$Al_2(F,OH)_2[SiO_4]$	8	1427
корунд	Al_2O_3	9	2060
алмаз	C	10	10060

Плотность (удельный вес) минералов. Отношение массы к его объемному весу и зависит от атомной массы или ионов, слагающих решетку минералов. Плотность колеблется в широких пределах: от <1 (лед, озокерит) до 23 г/см³ (минералы группы осмистого иридия). Для некоторых минералов плотность является важным диагностическим признаком (барит, вольфрамит и др.). По плотности минералы условно делят на три группы: *легкие* <3 г/см³ (галит, гипс, кварц); *средние* от 3 до 5 г/см³ (большинство силикатов и карбонатов, в т.ч., полевые шпаты, слюды, кальцит); *тяжелые* >5 г/см³ (большинство сульфидов, чаще всего такие рудные минералы, как пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, а также самородные металлы и др.).

Спайность. Способность минералов раскалываться по определенным направлениям с образованием ровных плоскостей, называемых плоскостями спайности. Плоскость спайности всегда параллельна одной из граней кристалла. Различают следующие виды спайности: 1) *весьма совершенная спайность* – минерал легко делится на тонкие листочки (слюды, хлориды, тальк). В таких минералах очень трудно получить неровный излом; 2) *совершенная спайность* – минералы раскалываются преимущественно по плоскостям спайности. У минералов этого вида трудно получить неровный излом, отбитые кусочки напоминают настоящие кристаллы (галит, кальцит, флюорит, галенит); 3) *ясная (средняя) спайность* – при раскалывании минерала, образуются как плоскости спайности, так и неровные изломы по случайным направлениям (полевые шпаты, роговая обманка); 4) *несовершенная спайность* – практически нет спайности, поверхность излома таких минералов неровная (апатит, кварц, касситерит, самородная сера). Иногда выделяется также *пятый вид спайности* – *весьма несовершенная*, что означает полное ее отсутствие. Минералы этого вида при ударе образуют только неровные поверхности (магнетит, корунд, самородные металлы).

В соответствии со спайностью находится **излом**, образующейся при разламывании минерала. По характеру излома различают: *неровный* (самородная сера, апатит, касситерит), *ступенчатый* (полевые шпаты), *занозистый* (актинолит, тремолит), *раковистый* (кварц халцедон, опал), *крючковатый* (самородные металлы – золото, медь, платина).

Магнитность. Этими свойствами обладают немногие минералы, что имеет важное диагностическое значение. Наиболее сильными магнитными свойствами обладает магнетит, меньшими пирротин. Эти минералы притягивают стрелку компаса и небольшие металлические предметы. Многие железосодержащие минералы (ильменит, пироксены) характеризуются более слабой магнитностью. Магнитность мелких зерен или порошка минерала проверяют притяжением их к магниту.

Радиоактивность – это превращение неустойчивых изотопов одного химического элемента (U, Th, K и др.) в изотопы другого (Pb, He, Ar и др.) с излучением элементарных частиц (альфы, беты, гаммы). Многие минералы содержат радиоактивные элементы. Радиоактивное излучение U, Th и продуктов их распада определяются при помощи различных электроскопов, ионизационных камер и других приборов. Для определения радиоактивности мелких кристаллических зерен используются фотопластинки, на которых фиксируются участки минерала, обладающие радиоактивностью. Для получения радиографии образец кладут плоской стороной на фотопластинку в темном помещении или ящике. Пластику проверяют через несколько часов. Осветленные участки на фотобумаге будут соответствовать минералам, содержащим радиоактивные элементы.

Люминесценция. Свечение минералов при воздействии на них ультрафиолетовых, катодных или рентгеновых лучей называется *люминесценцией*. Минералы люминесцируют также при растрескивании, расщеплении и нагревании. Люминесценция, которая наблюдается в момент действия источника энергии, называется *флюоресценцией* (например, шеелит, циркон, алмаз). Если свечение происходит и после окончания воздействия источника энергии, то употребляется термин *фосфоресценция* (например, апатит, флюорит, барит). Люминесценция минералов является важным диагностическим признаком. Облучение забоев, образцов пород и руд, шлихов помогает установить присутствие в них алмаза, урановых минералов, шеелита, циркона и других полезных ископаемых.

Реакция с кислотой. Для этой цели используется разбавленная (10%) соляная кислота, под воздействием которой некоторые минералы бурно вскипают (кальцит) с выделением CO_2 . Таким образом, узнается многие минералы из класса карбонатов. Например, доломит вскипает в порошке; магнезит вскипает только при действии нагретой соляной кислоты; сидерит при реакции с подогретой соляной кислотой дает бурный налет хлорного железа.

Прочие свойства. Из других свойств минералов для их диагностики имеют значения вкус, запах, горючесть, ковкость, хрупкость, двулучепреломление и другие. *Вкус* характерен для природных хлоридов. Они обычно хорошо растворимые в воде минералы (галоидные соединения). Для некоторых минералов характерен определенный *запах* (каолинит- «запах печки»), а другие издают запах при ударе молотком (чесночный запах мышьяковистых минералов, удушливый – флюорита и др.). *Горючесть* характерна для ряда сернистых и углеродистых минералов. Самородная сера, некоторые зернистые и органические вещества (янтарь, озокерит) загораются при нагревании. *Ковкость и хрупкость* определяется при механическом воздействии на минерал. Ковкие минералы (медь, золото, серебро, платина и др.) при ударе молотком сплющиваются. Хрупкие минералы (сера, апатит и др.) рассыпаются на мелкие кусочки. *Двулучепреломление* это свойство характерно для прозрачной разновидности минерала кальцит – исландского шпата. При рассмотрении предметов через кристалл исландского шпата возникает двойное изображение.

Генезис минералов. Минералы образуются в разнообразных физико-химических и термодинамических условиях существующих в земной коре. Таким образом, под генезисом минералов понимают совокупность процессов, в результате которых образуются (рождаются) минералы или минеральные месторождения.

По современным представлениям значительная часть минералов обра-

зуются путем кристаллизации магматических расплавов и продуктов, связанных с ними (газов, паров, горячих водных растворов). Такой процесс образования минералов называется эндогенным, или магматическим. Эндогенные – первичные минералы, попадая под действие внешних факторов (атмосферы, гидросферы, биосферы), разрушаются и переходят в новые минералы, устойчивые в приповерхностных условиях. Так, широко распространенные в природе полевые шпаты, при выветривании образуют землистый минерал каолинит, из оливина $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ в приповерхностных условиях возникают карбонатные минералы – магнезит MgCO_3 , сидерит FeCO_3 и опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Такие минералы называют экзогенными или осадочными. Экзогенные минералы по отношению к эндогенным, являются вторичными. Так как земная кора находится в непрерывном изменении, то первичные и вторичные минералы могут попадать в другие термодинамические условия. Новые условия могут перераспределять вещество и образовать другие преобразованные минералы, которых называют метаморфическими.

Эндогенные процессы минералообразования, связаны с глубокими недрами земли, где они протекают при сравнительно высоких температурах и обычно большом давлении. Магма (от греч. *magma* – «густая мазь») тестообразный расплав, сложного силикатного состава. Магма состоит из следующих условных компонентов – соединений SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , MgO , CaO , FeO , Fe_2O_3 , газов HF , HCl , H_2S , CO , CO_2 , летучих соединений B , F , S и паров воды. Так как большую часть магматического расплава составляют соединения SiO_2 , то горные породы и минералы, образовавшиеся при остывании магмы, по составу делят на: кислые ($> 65\% \text{SiO}_2$), средние ($65\text{--}52\% \text{SiO}_2$), основные ($52\text{--}45\% \text{SiO}_2$), ультраосновные ($< 45\% \text{SiO}_2$). Когда говорят о магматическом происхождении минералов, обычно указывают, с какими по составу породами они связаны. Последние очень важны, так как, ассоциации минералов при этом будут различными. Например, гранит (кислого состава) состоит из полевого шпата, кварца и слюды. Второстепенные (акцессорные) минералы – апатит, циркон, ортит и другие, составляют ассоциацию минералов характерных для гранита.

По условиям образования магматические горные породы делятся на: а) *интрузивные*, образовавшиеся при застывании магм на глубине; и б) *эффузивные*, образовавшиеся при застывании излившейся лавы на поверхности земли.

Поднимаясь из недр Земли, магма постепенно остывает и расщепляется (дифференцируется), при этом выделяется ряд стадий минералообразования: собственномагматическая, пегматитовая, пневматолитовая и гидротермальная. Академик А.Н. Заварицкий пегматитовый процесс объединяет с пневматолитовым и гидротермальным процессами минералообразования,

считая их послемагматическими, образованными с участием летучих компонентов (газов и паров воды). Все эти стадии минералообразования протекают перед фронтом медленно движущейся и остывающей магмы, опережая ее, проникают в трещины и пустоты горных пород.

Собственномагматическая стадия минералообразования протекает на большой глубине при температуре 1100–1200°C. На ранних этапах кристаллизации магмы из нее выделяются: оливин, пироксены, плагиоклазы, позже – амфиболы, слюды, ортоклаз и микроклин и в последнюю очередь – кварц. С собственномагматической стадией минералообразования связаны многие полезные ископаемые: рудные – Cr, Ni, Cu, Fe, Pt, Zr, V и др.; нерудные – нефелин, апатит, алмаз, графит и другие.

Пегматитовая стадия минералообразования, согласно А.Е.Ферсману, происходит с остыванием последних порций магмы, обогащенных щелочами и окислами, насыщенных летучими газовыми компонентами и парами воды. Минералообразование начинается при температуре 700°C и заканчивается при 350°C. Форма залегания пегматитов преимущественно жильная. Главными минералами пегматитов являются кварц, полевые шпаты (К-Na и К), слюды (мусковит, биотит), часто встречаются турмалин, апатит, берилл, топаз и др., а также редкоземельные минералы ортит, танталит, колумбит и другие драгоценные камни. Особенностью пегматитов является образование крупных и гигантских кристаллов, например, известны кристаллы мусковита массой до 1 тонны (Восточная Сибирь), биотита размером 7м² (Норвегия), полевого шпата (ортоклаза) массой 100 тонн (Карелия) и другие.

Пневматолитовая стадия минералообразования протекает при температуре <500°C. Продукты пневматолитиза разделяются на вулканические и глубинные. К минералам вулканического происхождения относятся: самородная сера, галит, сильвин, ангидрит, нашатырь, гипс, пирит, флюорит и другие. Глубинные пневматолиты образуются в результате реакционного взаимодействия (метасоматозе) летучих компонентов с окружающими породами. Если взаимодействие произойдет с карбонатными породами, то образуются *скарны*- породы, состоящие из силикатов Ca, Mg, Fe. Характерными минералами скарнов являются: магнетит, диопсид, корунд, гранаты, вольфрамит, шеелит и другие. При взаимодействии с терригенными осадочными и эффузивными породами, образуются *грейзены*, главным минералом которых является кварц. Кроме того, всегда содержатся мусковит, топаз, турмалин, флюорит, рутил. Из рудных минералов – касситерит, вольфрамит, меньше молибденит, реже – берилл.

Гидротермальная стадия минералообразования. Горячие водные растворы (гидротермы), насыщенные соединениями металлов, проникают в трещины окружающих пород, где при остывании отлагают минеральные

вещества в виде жильных образований. Различают три типа гидротермальных минералов: *высокотемпературные* минералы, образованные при температуре 450-300⁰С (кварц, топаз, касситерит, вольфрамит, галенит, кальцит, гематит, магнетит и др.); *среднетемпературные* минералы, образованные при температуре 300-200⁰С (пирит, халькопирит, арсенопирит, золото, сфалерит, молибденит, флюорит, турмалин и др.); *низкотемпературные* минералы, образованные при температуре <200⁰С (борнит, халькозин, антимонит, киноварь, реальгар, халцедон, самородное золото, самородная медь, исландский шпат, барит и другие).

Метаморфический процесс минералообразования. В природе каждый минерал устойчив в определенных термодинамических условиях, при изменении которых он может разрушаться и переходить в новое состояние. При этом минералы будут испытывать метаморфизм (преобразование), главными факторами которого является температура и давление. Такие условия могут возникать, например, на контакте внедрившейся магмы и вмещающих ее пород. Выделяют гидротермальный, контактовый и региональный типы метаморфизма.

Гидротермальный метаморфизм связан с метасоматической переработкой газовыми и водными растворами вмещающих пород вокруг гидротермальных жил и трещин. *Контактовый метаморфизм* проявляется на контакте интрузивных и вмещающих пород при их застывании на небольших глубинах. Интрузивные тела обычно небольших размеров. Метаморфические изменения происходят как во вмещающих породах (экзоконтактовые), так и в краевых частях интрузивных тел (эндоконтактовые), при этом метаморфизм сопровождается интенсивной перекристаллизацией с образованием пород, называемых *роговиками*. Проявление контактового метаморфизма при внедрении интрузий в карбонатные породы приводит к образованию *скарнов*, которые были рассмотрены выше. *Региональный метаморфизм* протекает на больших глубинах под влиянием очень крупных интрузивных тел (батолитов) и охватывает большие территории. Температурный диапазон метаморфических процессов составляет от 1100-850⁰С (региональный метаморфизм) до 400-300⁰С (контактовый и гидротермальный метаморфизм).

По температурному режиму образования метаморфические минералы делят на три группы: *высокотемпературные* ассоциации минералов - силлиманит, биотит, гранат, скаполит, доломит и другие, *среднетемпературные* - дистен, мусковит, ставролит, актинолит, флогопит, скаполит и др., *низкотемпературные* - серицит, альбит, хлорит, эпидот, ортит и др.

Экзогенные процессы минералообразования происходят вблизи или на поверхности Земли в результате ряда химических реакций, нередко при участии атмосферных осадков и жизнедеятельности организмов. В

самом общем виде экзогенные процессы минералообразования протекают по следующей схеме: выветривание – перенос – отложение (образование осадков) – диагенез (образование горных пород и минералов). Осадки могут быть физического (обломочного), химического и биогенного происхождения.

Обломочные породы образуются в результате физического разрушения (выветривания) и химического разложения существовавших, ранее горных пород и минералов. Обломочный материал либо остается на месте, либо переносится водными потоками. Новые минералы при этом не образуются, а образуются россыпи многих ценных минералов: золота, платины, хромита, рутила, циркона, гранатов, магнетита, топаза, турмалина и др.).

Химические осадки образуются из водных растворов при осаждении солей в результате испарения вод в морях, лагунах, озерах, болотах и реках. Таким путем образуются: поваренная соль (галит), сильвин, мирабилит, ангидрит, гипс и другие; железные и марганцевые руды – гётит, сидерит, манганит, родохрозит и многие другие; руды бокситов – диаспор, бёмит, гиббсит и другие.

Биогенные, точнее биохимические, осадки образуются при разложении остатков, животных и растений, с участием различных бактерий. Такие минеральные вещества как кальцит, кремнезем, фосфор входят в состав скелетов и панцирей многих живых организмов, после отмирания последних, на дне водоемов накапливаются мощные слои осадков, состоящих из вышеуказанных минералов. Минералы, образовавшиеся при участии организмов, называются биолитами. К биолитам относятся: карбонатные (мел, известняк), фосфатные (фосфориты), кремнистые (опал), углеродистые (каустобиолиты – торф, уголь, нефть, горючие сланцы) соединения.

Глава II. Классификация минералов

Для удобства изучения минералов их классифицируют. Существует множество классификаций, в основу которых положены различные признаки минералов: химический состав, кристаллографическая структура, происхождение, практическое применение, географическое распространение и т.д. Наиболее общепринятой является химическая классификация, по которой все минералы подразделяются на несколько классов, главнейшими из которых являются: самородные элементы, сульфиды, галоиды (галогениды), окислы и гидроокислы, кислородные соли (карбонаты, сульфаты, фосфаты, силикаты).

1. Самородные элементы. Это химически инертные в природных условиях минералы. Состав минералов в общем выражается отдельными химическими элементами, но в них могут содержаться различные примеси.

В земной коре насчитывается всего около 50 таких минералов (не считая газов), однако по весу они составляют всего 0,1% от массы земной коры. В значительных скоплениях встречаются только 7: С, S, Au, Pt, Ag, Cu, Fe. Чаще всего это редкие и очень редкие минералы. Происхождение их может быть эндогенным, а также гипергенным (возникшие благодаря поверхностным изменениям минералов в коре выветривания, россыпи). Твердость минералов различна – от 1 до 10. Среди самородных минералов есть и металлические, и неметаллические.

Алмаз (C) – название происходит от арабского «ал-мас», персидского «элма» - твердейший, или от греческого «адамас» - непреодолимый, несокрушимый. Сингония кубическая; форма кристаллов октаэдрическая и тетраэдрическая, редко кубическая. Самый твердый минерал на планете (твердость 10). Уд. вес. 3,52. В чистом виде прозрачен; примеси обуславливают желтоватую, синеватую, розовую, красную, серую, черную окраску. Блеск сильный стеклянный, алмазный. Черты нет. Спайность средняя, при ударе раскалывается по плоскостям параллельным граням октаэдра. Излом неровный. Хрупок. Самый крупный алмаз «Куллинан», найденный в Южной Африке имел вес 3106 карат (1 карат=0,2 грамма).

Разновидности: бриллиант – прозрачный ограненный алмаз; карбонадо – черный; борт – непрозрачные серые и черные сростки алмаза; баллас – шаровидные волокнисто-лучистые агрегаты борта.

Диагностические признаки (д.п.) – твердость, сильный алмазный блеск, узнается по люминесценции (голубовато-синий цвет). Происхождение: магматическое (в трубках взрыва), метаморфическое (в астроблемах). Месторождения: алмазы в коренных месторождениях найдены в Якутии, в Африке, Южной Америке и Австралии. Россыпные месторождения известны в Бразилии (Минас-Жерайс), в Индии, в Южной Африке. В последние десятилетия получили широкое применение синтетические алмазы, выращенные в специальных лабораториях. Применение: ювелирное дело, абразивный материал.

Графит (C) – назван от греческого «графо» - пишу. Сингония гексагональная; форма кристаллов – шестиугольные пластинки и листочки. Встречается в виде листоватых, чешуйчатых, землистых, плотных масс. Твердость 1. Уд. вес. 2,1-2,2. Цвет черный, стально-серый. Блеск металло-видный, жирный. Черта серовато-черная, черная. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный. Пишет на бумаге, пачкает руки. Жирный на ощупь.

Д.п.: цвет, твердость, жирность на ощупь, от молибденита отличается более слабым блеском, меньшей плотностью. Происхождение: магматическое, пневматолитовое, метаморфическое. Месторождения: на Урале (Ильменские горы, Мурзинка, Алабашка), Бурятии (Боготольское), Кольском п-

ове (Хибины), Приморье (Фестивальное). Известны также месторождения на Украине (гнейсы Мариупольского, Криворожского и Прибугского р-нов), ФРГ (Баварии), Чехии (Ческе Будеёвице), Австрии, США. Применение: в производстве тиглей в металлургии, электродов, красок, карандашей, смазочных составов и др.

Сера (S). Сингония ромбическая (могут встречаться моноклинная и аморфная разновидности); форма кристаллов пирамидальная, дипирамидальная, усеченнопирамидальная, толстотаблитчатая. Встречается в виде зернистых, плотных, землистых масс, корок, налетов, натеков. Твердость 1,5-2,5. Уд. вес 2,1. Цвет желтый, бурый, иногда серый, черный. Блеск жирный, смолистый. Черта белая, слегка желтоватая. Спайность несовершенная. Излом неровный, иногда раковистый. Кристаллы прозрачны. Очень хрупкая, при трении электризуется. Загорается от спички и горит синим пламенем, издавая удушливый запах сернистого газа (SO_2).

Д.п.: цвет, твердость, хрупкость, блеск, легкоплавкость (от огня спички). Происхождение: пневматолитовое (осаждается в виде возгонов при вулканических извержениях), осадочное (образуется при разложении сульфатов, например, гипса). Месторождения: на Курильских о-вах, в Поволжье (Самарской обл.), в Туркмении (Гаурдак, Шор-Су), Италии (Сицилия), США (в штатах Техас и Луизиана). Применение: производство H_2SO_4 , в резиновой промышленности, в производстве спичек, пороха, в сельском хозяйстве (удобрение и средство борьбы с вредителями), в медицине.

Золото (Au). Сингония кубическая; форма кристаллов кубическая или октаэдрическая. В кристаллическом виде встречается редко, чаще имеет форму дендритов, пластинок, зерен. Если вес кусочки золота превышает 10 г, то образец называется самородком. Самый крупный самородок (плита Холтермана), найденный в Австралии имел вес свыше 100 кг. Твердость 2-3. Уд. вес 19,3-19,7. Цвет золотисто-желтый до серебряно-белого. Блеск сильный металлический. Черта зеленовато-коричневая. Спайности нет. Излом неровный, реже ступенчатый. Ковкое (из 1 г можно растянуть 3 км проволоки или раскатать пластинку 27 м^2). Растворяется только в царской водке.

Разновидности: *электрум* (до 50% серебра); *медистое золото* (купроаурит) (до 20% меди); *висмутистое* (до 3-4% висмута), *мальдонит* (до 35% висмута) и др.

Д.п.: цвет, твердость, неокисляемость на воздухе. Происхождение: магматическое, гидротермальное, метаморфическое. Широко распространено в россыпях, зонах окисления сульфидных месторождений. Месторождения: многочисленные россыпные и коренные месторождения известны на Урале (Березовское) и Восточной и Северо-Восточной Сибири (Дарасунское, Балейское и др.), крупные россыпи известны в Миасском р-не

(Южный Урал). За границей широкой известностью пользуются крупнейшее месторождение Витватерстранд в Южной Африке, обширные районы золотоносных россыпей на Аляске (р. Клондайк) и в Австралии. Применение: ювелирное дело, медицина, валюта, химическая промышленность, приборостроение и др.

Платина (Pt) - названа от испанского «platina» - серебрецо, серебришко. Обычно образует твердые растворы с Fe, Ir, Os, Cu и др. элементами. Наиболее распространенным в природе является поликсен (Pt, Fe) с содержанием Fe до 9-11%. Сингония кубическая. Обычно находится в неправильных зернах, самородках. Цвет и черта стально-серые. Блеск металлический. Твердость 4-4,5. Уд. вес 19,3. Ковкая, излом крючковатый. Тугоплавкая (Т плавления 1771°). Растворяется только в царской водке.

Генезис: магматический – связана с ультраосновными породами, образуя в них вкрапленность, осадочный – в результате выветривания ультраосновных пород скапливается в россыпях. Месторождения: платиноносные россыпи Урала, где найден крупнейший в мире самородок платины массой 9,6 кг. За рубежом известны месторождения в Канаде (Сёдбери), Южной Америке, Норвегии. Применение: используется для изготовления химической посуды (тиглей, шпателей, чашек), как катализатор в химической промышленности, в ювелирном деле.

Серебро (Ag). Сингония кубическая. Встречается обычно в виде дендритов, тонких пластинок, разнообразных волосовидных и проволочных форм. Цвет и черта серебряно-белые. Твердость 2,5. Уд. в. 10,5. Очень ковкое. Излом крючковатый. Характерно высокая электропроводность.

Д.п.: цвет, излом, плотность, от платины отличается по твердости. Генезис: гидротермальный в сульфидных жилах, гипергенный в зоне окисления серебряных и некоторых полиметаллических месторождений. Месторождения самородного серебра нет. Добыча серебра производится попутно из полиметаллических руд (Алтай). За рубежом крупные месторождения известны в Мексике, Боливии, Саксонии, Норвегии. Применение: используется в ювелирном деле, в чеканке монет, в различных сплавах, в фотографии.

2. Сульфиды. К группе сульфидов относится более 200 минералов, которые составляют около 0,25% веса земной коры. Используются как руды цветных металлов. Наиболее широко распространен пирит. В большинстве своем, сульфиды, имеют большую плотность, металлический блеск, среднюю твердость, типичный для металлов цвет – стально-серый, латунно-желтый, серебряно-белый, черную или темно-серую черту. Происхождение чаще гидротермальное, жильное, реже – метаморфическое и гипергенное. Собственно к этому классу относятся не только сульфиды, но и селенистые, мышьяковистые, теллуристые, антимонитистые и др. анало-

гичные соединения металлов. Непосредственно изучать мы будем только сульфиды.

Пирит (серный или железный колчедан) (FeS_2) – назван от греческого «пир» - огонь, от свойства самовозгорания. Сингония кубическая; кристаллы имеют форму кубов или пентагонододекаэдров. Встречается в виде вкраплений, сплошных плотных или зернистых масс. Твердость 6,0-6,5. Уд. вес 4,9-5,2. Цвет соломенно-желтый, латунно-желтый. Черта черная. Блеск металлический. Спайность несовершенная, излом неровный. Грани кристаллов часто покрыты взаимно перпендикулярной штриховкой. Слагает до 90% массы рудных тел. Также часто его называют «золотом дураков» из-за внешней схожести с золотом (отличаются твердостью, чертой, плотностью и т.д.).

Д.п.: цвет, облик кристаллов, штриховатости граней, от марказита отличается по твердости. Происхождение: гидротермальное, магматическое, осадочное. Крупнейшие колчеданные месторождения пирита (и халькопирита) известны в 300 км полосе вдоль Уральского хребта (Калатинское, Дегтярское, Комсомольское, Сибайское, Учалинское) и в Испании (Гуэльва, Рио-Тинто). Применение: сырье для получения серной кислоты.

Марказит (лучистый колчедан) (FeS_2). Сингония ромбическая; кристаллы таблитчатого, остропирамидального, копьевидного, призматического габитуса. Встречается в виде желваков, конкреций, гребенчатых или копьевидных сростков, лучисто-шестоватых агрегатов и плотных масс. Твердость 6,0-6,5. Уд. вес 4,5-4,9. Цвет бледный, латунно-желтый, бронзово-желтый. Блеск металлический. Черта зеленовато-серая, желтовато-серая. Спайность несовершенная, излом неровный. Отличается от пирита сингонией, формой кристаллов и агрегатов (очень часто лучистого вида – отсюда второе название – лучистый колчедан), цветом черты, отсутствием штриховки на гранях кристалла.

Д.п.: копьевидный и таблитчатый облик кристаллов, от пирита отличается по зеленоватому оттенку в свежем изломе и по твердости. Происхождение: осадочное, гидротермальное. Известен в колчеданных месторождениях Урала (Блявинское), за границей в Чехии (Шемниц, Теплиц), ФРГ (Клаусталь). Применение: сырье для получения серной кислоты.

Халькопирит (медный колчедан) (CuFeS_2) – от греческого «халькос» - медь, «пир» - огонь. Встречается в двух модификациях: кубической (высокотемпературной) и тетрагональной (более распространенной). Облик кристаллов тетраэдрический, однако, отдельные кристаллы редки, встречается в виде зернистых и плотных масс, вкраплений. Твердость 3,5-4,0. Уд. вес 4,1-4,3. Цвет латунно-желтый, зеленовато-золотистый, более насыщенный, чем у пирита и марказита; часто отмечается побежалость типа павлиньего хвоста. Цвет черты зеленовато-черный. Блеск металлический.

Спайность несовершенная, излом неровный. Может быть похож на пирит и марказит. Отличается главным образом формой кристаллов и агрегатов, более низкой твердостью, цветом черты (с зеленоватым оттенком) и наличием побежалости.

Д.п.: форма кристаллов, цвет, побежалость, небольшая твердость. Происхождение: гидротермальное, реже магматическое, метаморфическое, осадочное. Месторождения: Туринские скарновые рудники и колчеданные месторождения на Урале (см. пирит), в Норильске, Читинской области (Удоканское); Казахстане (Коунрадское), Узбекистане (Алмалыкское), Азербайджане (Филизчайское), Канаде (Сёдбери), США (Бингхем штат Юта), Чили (Чукикомата). Применение: руда меди.

Галенит (свинцовый блеск) (PbS) – назван от латинского «galena» - свинцовая руда. Сингония кубическая; кристаллы имеют форму куба, реже – октаэдра. Образует зернистые массы, вкрапления. Характерна низкая твердость (2-3), высокий удельный вес (7,4-9,6), свинцово-серый цвет, голубовато-серая или серо-черная черта. Может давать синюю или пеструю побежалость. Блеск металлический. Спайность весьма совершенная в трех направлениях (по граням кристаллов), излом неровный. При реакции с HCl может давать характерный запах сероводорода. Часто содержит присеми серебра.

Д.п.: изометрический облик кристаллов, зернистость агрегатов, большая плотность, свинцово-серый цвет, совершенная спайность. Происхождение: гидротермальное, метаморфическое. Крупные месторождения известны на Алтае (Лениногорское, Зыряновское, Белоусовское и др.), в Приморском крае (Дальнегорское), на Северном Кавказе (Садонское), в Таджикистане (Кансай, Кургашинкан, Алтын-Тапган), Канаде (Салливан), США (Миссури, Канзас), Австралии (Броккен-Хилл). Применение: руда свинца.

Сфалерит (цинковая обманка) (ZnS) – от греческого «сфалерос» - обманчивый. Сингония кубическая; облик кристаллов тетраэдрический, додекаэдрический, кубооктаэдрический. Образует вкрапления, сплошные зернистые или плотные, землистые массы. Твердость 3,9-4,0, уд. вес 3,9-4,1. Цвет различный: от бесцветного, белого, желтого до темно-коричневого и черного, иногда зеленый, красный. Очень характерна светлая черта (белая, светло-желтая до темно-бурой). Блеск алмазный, полуметаллический. Спайность совершенная в шести направлениях, излом неровный, зернистый. В тонких сколах кристаллы просвечиваются. У сфалерита может проявляться вицинальная штриховка, и триболоминесценция. Разлагается в HCl с образованием сероводорода.

Разновидности: *клеюфан* (светлый), *марматит* (темный, железосодержащий); *гумчионит* (почковидный, окрашенный реальгаром AsS в ма-

линовые или розовые тона).

Д.п.: блеск, цвет, совершенная спайность. Происхождение: гидротермальное, редко пневматолитовое, осадочное. Полиметаллические месторождения сфалерита известны на Алтае, Забайкалье и колчеданных рудниках Урала, в Приморье (Дальнегорское). За границей крупные месторождения известны в США, Швеции, Польше, Испании и Японии. Применение: руда цинка.

Молибденит (молибденовый блеск) (MoS) – от греч. «молибдос» - свинец (минерал похож на свинец). Сингония гексагональная; форма кристаллов – шестиугольные таблички, укороченные призмы. Встречается в виде чешуйчатых и листоватых масс, сферолитов, вкрапленников. Твердость 1, уд. вес. 4,7-5,0. Цвет свинцово-серый, голубовато-серый; черта серая с голубоватым оттенком. Пишет на бумаге. Блеск металлический. Спайность совершенная в одном направлении, излом неровный. Жирен на ощупь. Похож на графит, отличается от него цветом, голубоватой чертой, типичным металлическим блеском, гибкостью листочков, высокой плотностью.

Д.п.: свинцово-серый цвет, низкая твердость, совершенная спайность, от графита отличается более светлой чертой, более сильным блеском и большой плотностью. Происхождение пневматолитовое, гидротермальное. Месторождения: в Забайкалье (Девиндинское, Шахтаминское), Красноярском крае (Сорское), на Северном Кавказе (Тырныаузское), в Казахстане (Коктенкол, Карагандинской обл.). Крупнейшее месторождение в мире расположено в США (Клаймекс, штат Колорадо). Применение: руда молибдена. Молибденовая сталь используется в самолетостроении, космонавтике, автомобильной промышленности.

Киноварь (циннабарит) (HgS) – название происходит от искаженного немецкого названия «Zinnober» или от арабского «кинобари» - кровь дракона. О характерном цвете руды говорит и то, что в немецком языке есть понятие «Zinnoberrot» - красный как киноварь. Сингония тригональная, кристаллы имеют форму ромбоэдров, часто образуют двойники (звездчатые). Встречается в виде зернистых, плотных, землистых масс, налетов, вкрапленников, отдельные кристаллы редки. Твердость 2,0-2,5. Уд. вес. 8,0-8,2. Цвет и черта красные, однако, редко встречается свинцово-серая и даже черная киноварь. Возможна синевато-серая побежалость. Блеск алмазный полуметаллический, иногда матовый. Спайность совершенная, излом неровный.

Разновидности: *печенковая руда* – темная смесь киновари, битума и глины.

Д.п.: красный цвет, низкая твердость, высокая плотность. Происхождение: гидротермальное. Месторождения: в Зап. Сибири (Акташское), на

Украине (Никитовка в Донбассе), в Киргизии (Хайдарканское, Чаувайское). Крупнейшие месторождения известны в Испании (Альмаден), Италии (Монте-Амата, Идрия), Китае и США. Применение: руда ртути, природная краска.

3. Сульфаты. Эта группа насчитывает свыше 260 минералов общим весом 0,1% земной коры. Минералы являются солями серной кислоты. Есть основные и водные соли. Минералы чаще всего светлые, с малой твердостью (2-4), светлой чертой. Многие из них содержат в значительном количестве воду (водные сульфаты). Хорошо растворимы. Формируют мощные толщи химических осадков, а также могут являться продуктами окисления серы и сульфидов.

Гипс (легкий шпат) ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Сингония моноклинная, габитус кристаллов тонко- и толстотаблитчатый, часты двойники в виде ласточкиного хвоста или розеток. Образуют зернистые, листоватые, пластинчатые, сахаровидные, волокнистые агрегаты. Для гипса характерна низкая твердость (2), уд. вес 2,3, весьма совершенная спайность (в одном направлении), неровный, ступенчатый или занозистый излом. Бесцветный, белый, желтоватый, розовый, серый; черта белая. Блеск стеклянный, с перламутровым отливом, у волокнистых агрегатов – шелковистый. Прозрачен. Способен растворяться в воде в соотношении 1: 400. При нагревании до $63,5^\circ$ переходит в ангидрит.

Разновидности: *алебастр* – мелкозернистый белый гипс (назван по г. Алебастрон в Египте, где широко была развита скульптура из алебастра); *селенит* (по имени богини Луны – Селены) – волокнистый розовый гипс. Центр по обработке алебастра и селенита в России – г. Кунгур на Урале.

Д.п.: твердость, уд. вес, спайность, от действия соляной кислоты не вскипает, облик кристаллов. Происхождение: осадочное (химический осадок или выветривания сульфидов и серы). Месторождения: в Архангельской, Вологодской, Владимирской областях, в Зап. Приуралье, Башкирии, Татарстане, Иркутской области и Дагестане. Известны месторождения в Средней Азии, США, Канаде, Италии, ФРГ, Франции. Применение: строительные работы, архитектура, медицина, поделочный камень, сельское хозяйство (в качестве удобрения).

Ангидрит (CaSO_4) – в переводе с греческого – «безводный». По химическому составу это действительно «обезвоженный» гипс. Отличается большей твердостью (3,0-3,5) и уд. весом (2,96). Сингония ромбическая; форма кристаллов таблитчатая, призматическая до игольчатой. Агрегаты плотные, зернистые (мраморовидные), пластинчатые, шестоватые, конкреционные. Бесцветный, белый, серый, голубоватый, красноватый и др. Черта белая. Блеск стеклянный, сахаровидный, перламутровый, матовый. Про-

зрачный. Спайность совершенная в трех взаимно перпендикулярных направлениях, излом неровный, зернистый. Может поглощать воду и переходить в гипс.

Д.п.: низкая плотность, спайность, от действия соляной кислоты не вскипает, от гипса отличается твердостью. Происхождение: осадочное (химический осадок водоемов аридной зоны). Месторождения: в Зап. Приуралье, Архангельской, Вологодской, Самарской и Горьковской областях, на Украине (Артемевское), в ФРГ (Стассфуртское), Индии (шт. Пенжаб). Применение: строительство, производство серной кислоты, поделочный камень.

Барит (тяжелый шпат) (BaSO_4) – от греч. «барос» - тяжелый. Минерал внешне похож на карбонатные образования, однако, отличается от них большой плотностью (4,3-4,6), что легко определяется взвешиванием на руке, кроме того, он не растворим в HCl . Большой вес и вызвал второе название – тяжелый шпат. Сингония ромбическая; форма кристаллов таблитчатая, призматическая, столбчатая. Образует плотные, землистые, зернистые, пластинчатые массы, конкреции, натечные формы. Твердость 2,5-3,5. Бесцветный, белый, серый, розовый, красный, бурый, голубой, черный. Черта белая. Спайность совершенная по двум направлениям, излом неровный. Блеск стеклянный, перламутровый, матовый.

Д.п.: высокий уд. в., спайность, от воздействия соляной кислоты не вскипает. Происхождение: гидротермальное, осадочное (химический осадок водоемов, продукт выветривания сульфидов). Месторождения: на Урале (р-н Кузнецких), где добываются баритовые пески, на Алтае. Известны месторождения в Грузии (Кутаисском р-не), в Туркмении (Копетдаге). Применение: компонент белил, резиновая и бумажная промышленность, бурение скважин, медицина.

Мирабилит (глауберова соль) ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) – от слова «mirabilis» - удивительный. Сингония моноклинная; форма кристаллов короткостолбчатая, тонкоигольчатая. Очень характерны формы нахождения – выцветы, корки, волокна, сталактиты, зернистые и порошковатые массы. Твердость 1,5-2,0. Уд. вес 1,48. Бесцветный, белый с разными оттенками. Черта белая. Спайность совершенная, излом неровный, раковистый. Блеск стеклянный, матовый. Растворим. Отличается от гипса меньшей твердостью и плотностью, и что самое характерное – горько-соленым «охлаждающим» вкусом. Кристаллы легко разрушаются: на воздухе они теряют воду и рассыпаются в порошок (переходят в тенардит).

Д.п.: низкая плотность, горько-соленый вкус. Происхождение: осадочное (химический осадок водоемов аридной зоны, почвенные выцветы). Месторождения: крупнейшие запасы (4 млрд. т) сосредоточены в заливе Кара-Богаз-Гол, где мирабилит получается искусственно бассейновым методом с использованием солнечного тепла и холода. Известны месторождения в По-

вольже в озерах Кулундинской степи, а также в Грузии. Применение: сырье для получения соды; стекольная, лакокрасочная промышленность, медицина.

4. Галоиды. Галоиды – это хлористые, фтористые и йодистые соединения, образующие до 120 минералов. Минералы легкие, мягкие, светлые, часто прозрачные. Наиболее распространены из них хлориды и фториды. Хлориды являются в основном хемогенными осадками морей и озер, а фториды образуются магматическим, гидротермальным, пневматолитовым путем.

Хлориды. Чаще всего это соли натрия, калия и магния. Они обычно бесцветны или светло окрашены примесями окислов железа, меди, свинца. Хлориды легко растворимы и имеют вкус. Медные хлориды – зеленые или синие, свинцовые – тяжелые с алмазным блеском. Твердость низка – 2-3. Чаще всего хлориды – осадки аридных обстановок (соли Na, K, Mg) и продукты гипергенеза в зоне окисления сульфидов (соли Cu, Pb). Наибольшее значение имеет галит, а также соли калия и магния.

Галит (NaCl) – назван от греч. «гальс» - соль. Сингония кубическая, кристаллы кубического габитуса. Встречается в виде рыхлых или плотных зернисто-кристаллических масс, корок, налетов, натечков, друз, отдельных кристаллов. Твердость 2,0-2,5. Уд. вес 2,1-2,6. Бесцветный, белый, желтый, красный, бурый, голубой, синий. Черта белая. Спайность совершенная по граням куба, излом неровный, зернистый, ступенчатый. Блеск стеклянный, жирный. Легко растворим, обладает соленым вкусом. Хрупкий. Прозрачный.

Д.п.: низкая твердость, вкус и растворимость в воде. Происхождение: осадочное (хемогенный осадок водоемов в аридной зоне, выцветы почв), редко - вулканический возгон. Месторождения: крупнейшее в мире месторождение сосредоточено на Урале (Соликамское). Известны также месторождения в Иркутской обл. (Усолъе-Сибирское), в Якутии (Нордвик), Белоруссии (Солигорское), на Украине – Артемовское (Донбасс) и Солотвино (Закарпатье), в Польше (Величка, около Кракова), в Индии, Египте, США. Применение: химическая (производство соды, хлора, HCl) и пищевая промышленность.

Сильвин (KCl) – назван по имени химика Сильвия де ла Баш. По основным свойствам и форме агрегатов минерал близок к галиту, с которым, как правило, образует единые агрегаты. Отличительный признак – горько-соленый жгучий вкус.

Д.п.: горьковато-соленый вкус, твердость, растворимость в воде. Происхождение: осадочное (хемогенный осадок водоемов в аридной зоне), редко - вулканический возгон. Месторождения: те же, что месторождения

галита. Применение: сырье для получения калийных удобрений, поташа, едкого калия; в медицине, лакокрасочной промышленности.

Карналлит ($KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$) – назван по фамилии геолога Карналля. Сингония ромбическая; габитус кристаллов псевдогексагональный, боченковидный. Образует сплошные зернистые массы. Твердость 1,0-2,5, уд. вес 1,6. Бесцветный, белый, лимонно-желтый до сургучно-красного; черта белая. Блеск жирный, стеклянный. Растворим в воде, обладает жгуче-солевым вкусом. На влажном воздухе расплывается.

Д.п.: острый горько-соленый вкус. Происхождение: осадочное (химическое). Месторождения: те же, что месторождения галита и сильвина. Применение: сырье для получения магнезии и калийных удобрений.

Нашатырь (NH_4Cl) – от арабского названия «nishadir». Сингония кубическая; облик кристаллов тетрагон-триоктаэдрический. Характерно, что минерал встречается в виде дендритов, сталактитов, корочек и налетов, землистых масс. Кристаллических агрегатов не образует. Твердость 1,5-2,0. Уд. вес 1,53. Бесцветный, белый до бурого, черта белая. Растворим в воде, имеет соленый жгучий вкус.

Д.п.: соленый жгучий вкус, сильный запах, растворимость в воде. Происхождение: вулканический возгон. Применение: в химической, кожевенной, лакокрасочной промышленности.

Фториды. Наиболее распространенный фторид – флюорит (CaF_2). Соединения фтора обычно светлые, с небольшой плотностью и твердостью. Генезис их магматический, пневматолитовый и гидротермальный, реже гипергенный.

Флюорит (плавиковый шпат) (CaF_2) - от латинского «fluoticum» -плавящий. Название обусловлено способностью плавиться в пламени, окрашивая его в красный цвет. Сингония кубическая; форма кристаллов кубическая, октаэдрическая. Встречается в виде вкраплений, сплошных зернистых и землистых масс, друз, натечков. Твердость 4,0; уд. вес 3,18. Цвет фиолетовый, зеленый, желтый, розовый, черный, реже бесцветный. Черта белая, редко бледно-голубая, бледно-фиолетовая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная в четырех направлениях (по октаэдру); излом неровный. Фиолетовая разновидность часто радиоактивна. Хрупкий. Может обладать термолюминесценцией.

Разновидности: *оптический* - прозрачные крупные бесцветные кристаллы; *ратовкит* - фиолетовая землистая разновидность (названа по р. Ратовке в Московской области); радиофлюорит – с примесью радия; *антозонит* - черно-фиолетовый флюорит, при ударе выделяет резкий запах фтора.

Д.п.: форма кристаллов, цвет, твердость. От гипса и галита отличается большей твердостью. При воздействии соляной кислоты не вскипает.

Происхождение: гидротермальное, реже пневматолитовое, осадочное (ратовкит). Месторождения: в Московской и Тверской областях, Забайкалье (Абагайтуйское, Калангуйское), на Украине (Приазовье), в Казахстане (Аурахматское), Таджикистане (Такобское), Англии и США. Применение: флюс для выплавки руд, сырье для получения плавиковой кислоты, в стекловом и керамическом производстве, оптика.

5. Фосфаты вместе с арсенатами и ванадатами составляют по массе всего 0,7% земной коры (350 минералов). Это основные и водные соли ортофосфорной кислоты. Многие минералы очень редкие, трудно опознаются. В большинстве случаев – инертные, формируются в поверхностной зоне при участии органики, хотя могут быть глубинными.

Апатит ($\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3](\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$) – от греческого «апатао» - обманываю, т.к. часто его принимали за другие минералы. Сингония гексагональная; форма кристаллов призматическая, реже таблитчатая. Образует зернистые (сахаровидные) массы, вкрапления, почковидные, оолитовые, землистые агрегаты. Месторождения очень редки. Твердость 5, однако, в силу значительной хрупкости минерала может казаться более низкой (до 2). Уд. вес 3,1-3,2. Зеленоватый, желтоватый, бурый, серый, голубой, белый, бесцветный. Прозрачный или полупрозрачный. Черта слабая, белая. Спайность несовершенная; излом неровный, раковистый. Блеск стеклянный, жирный.

Д.п.: призматический облик кристаллов, твердость, совместное нахождение с минералами щелочной магмы (нефелином, эгирин). Происхождение: магматическое, метаморфическое, редко - осадочное (продукт раскристаллизации фосфоритов). Крупнейшее в мире месторождение расположено на Кольском п-ове (Хибины), связаны с щелочными магматическими породами. Известны месторождения в Бурятии (Ошурковское), на Урале (гора Высокая), в Швеции (Кирунаваара). Применение: сырье для получения фосфорных удобрений, металлургия, стекольная промышленность.

Фосфорит ($\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3](\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$ со значительной примесью песчаного глинистого материала). Минерал аморфный, гелевидный. Кристаллов не образует. Встречается в виде желваков и конкреций с радиально-лучистым внутренним строением, сплошных плотных или землистых масс, псевдоморфоз по ископаемым остаткам (раковинам моллюсков, костям дельфинов, китов, слуховых косточек рыб и т.д.), натечных форм. Твердость 2,0-5,0. Уд. вес 3,2. Цвет серый, черный, бурый, белый, серо-желтый. Черта серая, буроватая, часто слабая. Блеск тусклый, матовый. Спайности нет (аморфный минерал); излом неровный, землистый. При трении кусков друг о друга издается запах жженой кости. Фосфоритовые образования (желваки, плиты) встречаются в меловых и палеогеновых отложениях Ка-

лининградской области.

Д.п.: форма нахождения (округлые и желваковые формы конкреций). Происхождение: осадочное. Месторождения: в Московской (Егоровское), Самарской и Брянской областях. Известны месторождения на Украине, в Казахстане (Чилисайское), в Алжире, Тунисе и Марокко. Применение: сырье для производства удобрений.

Вивианит ($\text{Fe}_3[(\text{PO}_4)_2] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) – по фамилии Вивиэн. Сингония моноклинная; форма кристаллов призматическая, пластинчатая, шестоватая, игольчатая. Встречается часто в виде радиально-лучистых, звездчатых, почковидных или шаровидных, а также землистых масс. В неизменном виде светлый или бесцветный, прозрачный, при частичном окислении – серовато-синий, серовато-зеленый, темно-синий до черного («синяя железная земля»). Твердость 1,5-2,0. Уд. вес 2,7-2,9. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый, тусклый. Спайность совершенная в одном направлении. Тонкие пластинки гибкие, легко режется. При полном окислении железа становится хрупким.

Д.п.: зеленовато-синяя или синяя окраска, лучисто-игольчатые и шестоватые агрегаты, растворимость в соляной кислоте. Происхождение: осадочное. Месторождения: в торфяниках Московской области и Центральной части России, на Украине (в железных рудах Керченского месторождения Крымского п-ова). Применение: дешевая синяя краска.

6. Карбонаты. Это минералы – соли угольной кислоты, слагающие до 1,8% земной коры по массе. Известно около 80 минералов, но чаще всего распространены карбонаты кальция и магния. Для карбонатов характерна небольшая твердость, неметаллический блеск, светлая окраска. Удельный вес определяется химическим составом (от 2,7 до 3,9). Все карбонаты достаточно легко вскипают в соляной кислоте – главный диагностический признак. В генетическом отношении карбонаты связаны с деятельностью организмов, с химическим осаждением в озерах и морях. Изредка генезис связан с гидротермами, минералы могут выполнять миндалины в эффузивах, выделяться из минеральных источников. В больших массах накапливаются на дне морей и океанов. Используются как руды и строительные материалы.

Кальцит (известковый шпат) (CaCO_3) – от слова «calx», род. падеж «calcis» – известь. Сингония тригональная; форма кристаллов разнообразная: скаленоэдры, таблитчатые, пластинчатые, призматические образования, однако чаще встречаются ромбоэдры. Образует зернистые, плотные, перистые, чешуйчатые, волокнистые, листоватые, пластинчатые, оолитовые, конкреционные, землистые агрегаты, корки, друзы и натёки (сталактиты и т.п.). Твердость 3, уд. вес 2,71. Бесцветный, белый, желтый,

серый, голубой; цвет черты – белый. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый. Спайность совершенная в трех направлениях по граням ромбоэдра. Излом неровный, ступенчатый, зернистый. Минерал прозрачный или просвечивает, в прозрачных кристаллах обнаруживает сильное двулучепреломление. Очень характерна бурная реакция с 10% соляной кислотой («растворяется со вскипанием»).

Разновидности: *исландский шпат* – прозрачный кальцит.

Д.п.: твердость и действие соляной кислоты. Происхождение: осадочное (органогенное, химическое), гидротермальное, метаморфическое. Месторождения: на Урале (Соткинское) и в Иркутской области (Савинское), на Украине, в Киргизии, Китае, Австрии, Канаде. Крупнейшие месторождения исландского шпата известны в Исландии (в пустотах базальтов). Применение: строительная промышленность, металлургия (флюс), оптика (из исландского шпата изготавливают николи поляризационных микроскопов).

Арагонит (CaCO_3) – от местности Арагон в Испании. Сингония ромбическая, форма кристаллов призматическая игольчатая, пластинчатая. Часто образует причудливые формы агрегатов: коралловидные (железные цветы), почковидные, чешуйчатые, оолитовые (гороховый камень), натечные, но может встречаться в виде плотных, зернистых масс. Входит в состав жемчуга, раковин. Твердость минерала 3,5-4,0; уд. вес – 2,95. Бесцветный, желтоватый, синий, зеленый, розовый. Цвет черты – белый. Блеск стеклянный. Спайность средняя; излом неровный. Бурно вскипает с HCl . Визуально часто не отличим от кальцита. Арагонит является неустойчивой модификацией CaCO_3 , переходящей в кальцит.

Д.п.: внешний облик кристаллов с тонкими желобками на гранях. Вскипает в соляной кислоте. Происхождение: осадочное (биогенное, хемогенное), гидротермальное. Месторождения: на Урале (Бокальское) и Алтае, в Украине (Крым, Донбасс, Закарпатье), Узбекистане (Шорсу). Применение: поделочный камень, строительный материал.

Доломит (горький шпат) ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) – назван по фамилии Доломье. Сингония тригональная; кристаллы имеют форму ромбоэдров, призм, табличек. Встречается в виде сплошных зернистых (мраморовидных) или плотных масс, щеток. Твердость 3,5-4,0. Уд. вес. 2,8-2,9. Цвет белый, желтый, серый, красноватый, бесцветный. Черта белая. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Спайность совершенная в трех направлениях (по ромбоэдру), однако поскольку кристаллы имеют небольшие размеры, это свойство не всегда проявляется в должной мере; излом неровный, зернистый, ступенчатый. Реагирует с соляной кислотой в мелком порошке.

Д.п.: в отличие от кальцита при воздействии соляной кислотой не «шипит». Происхождение: осадочное (гипергенное, химическое), гидротермальное. Месторождения известны в Подмосковье, Поволжье, на Урале и Сиби-

ри, на Украине (Донбасс), Средней Азии. Применение: в качестве флюса в металлургии, строительный материал (изготовление огнеупорных цементов).

Магнезит (MgCO_3) – от названия местности Магнезия в Фессалии (Греция). Сингония тригональная; форма кристаллов – ромбоэдрическая, реже призматическая, таблитчатая. Встречается в виде зернистых, землистых, фарфоровидных, пластинчатых агрегатов, натёков. Твёрдость 3,5-4,5; уд. вес – 3,0. Цвет белый, серый, желтый, бурый. Черта белая. Блеск стеклянный, тусклый, шелковистый. Совершенная спайность в трех направлениях (по ромбоэдру) проявляется в кристаллических разновидностях, в землистых и плотных массах – неясная. Излом неровный, редко раковистый, ступенчатый. Вскипает под воздействием нагретой соляной кислоты.

Разновидности: *брейнерит* – железистый магнетит (с примесью FeCO_3).

Д.п.: характерен облик метакolloидных масс. Растворяется в горячих кислотах (при воздействии кислотой на холоде капля HCl шипит). Происхождение: гидротермальное, осадочное (гипергенное), метаморфическое. Месторождения: крупнейшие запасы магнезита сосредоточены на Урале (Саткинское, Бокальское, Халиловское). Известны месторождения в Австрийских Альпах (Вейтче), Чехии, Китае. Применение: огнеупорный, строительный материал, в резиновой, бумажной и др. отраслях промышленности, для получения магнезия.

Сидерит (железный шпат) (FeCO_3) – от греческого «сидерос» - железо. Сингония тригональная; кристаллы ромбоэдрические, таблитчатые, призматические, скаленоэдрические. Агрегаты зернистые, грозде- и шаровидные, плотные, землистые, оолитовые. Твёрдость 4,0-4,5; уд. вес 3,96. Цвет серый, желтый, бурый. Черта белая, желтоватая. Блеск стеклянный, перламутровый, матовый. Спайность совершенная по трем направлениям проявляется в крупнокристаллических массах, в землистых и плотных агрегатах – неясная. Излом неровный. Характерный диагностический признак – сильное вскипание в нагретой соляной кислоте, причем капля HCl на сидерите желтеет от образования хлорного железа.

Д.п.: цвет, твердость и действие горячей соляной кислоты. Происхождение: гидротермальное, осадочное (диагенетическое). Месторождения: на Урале (Бокальское), в Бурятии (Джидинское), Курской и Воронежской областях. Известны месторождения на Украине (Закарпатье), в Австрии, Испании, Англии. Применение: железная руда.

Малахит ($\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ или $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) – от греч. «малахос» – мягкий, по другим вариантам от греч. «маляхэ» - мальва. Сингония моноклинная. Кристаллы редки, имеют призматический облик. Встречается в виде натечных почковидных масс радиально-лучистого и скорлуповатого

строения, а также в виде землистых масс (медная зелень), корочек, налегов, псевдоморфоз, радиально-лучистых агрегатов. Твердость – 3,5-4,0 (у землистых агрегатов - ниже). Уд. вес 3,9-4,1. Цвет изумрудно-зеленый из-за интенсивности, черта бледно-зеленая. Блеск стеклянный, шелковистый. Спайность совершенная в одном направлении, излом неровный, может быть раковистым, занозистым. Хрупкий. Вскипает с соляной кислотой.

Д.п.: зеленый цвет, натечные формы агрегатов и радиально-волокнистое строение. Происхождение: осадочное (в зоне окисления медных руд). Месторождения: лучшие в мире образцы малахита добываются на Урале на месторождениях Гумашевском и Меднорудянске (Нижний Тагил). Применение: ценный поделочный камень.

7. Окислы и гидроокислы. К группе относятся около 200 минералов, образующих примерно 17% от массы земной коры. К окислам относятся такие распространенные минералы как кварц (13%) и окислы железа (3% от массы земной коры). Минералы группы имеют породообразующее значение. Твердость минералов данной группы значительная, обычно более 5,0. Удельный вес зависит от химического состава. В большинстве случаев характеризуются неметаллическим блеском. Могут быть представлены в виде кристаллических, скрытокристаллических и аморфных образований. Образуются при эндогенных и экзогенных процессах. Многие окислы являются важнейшими рудами железа, алюминия, олова, марганца, хрома, титана, урана и др.

Группа кремнезема.

Кварц (SiO_2) – от нем. «Querklüfterz» - руда секущих жил. Сингония тригональная; габитус кристаллов шестигранный призматический, реже дипирамидальный. Часто грани призма имеют поперечную штриховку. Встречается в виде плотных и мелкозернистых масс, друз, щеток, жил, желваков и др. Встречаются крупные кристаллы весом до 70 тонн. Микрокристаллический радиально- или параллельно волокнистый кварц называется халцедоном. Твердость минерала – 7,0; уд. вес 2,651. Может быть бесцветным, белым, дымчатым, желтым, розовым, фиолетовым, серым, черным. Прозрачный или просвечивает. Черты не дает. Блеск стеклянный на гранях кристаллов, на изломе - жирный. Спайность весьма несовершенная, излом неровный, раковистый. Обладает пьезоэлектрическими свойствами. Химически устойчив, растворяется только в HF (плавиковой кислоте). Важнейший породообразующий минерал.

Разновидности: *обыкновенный кварц* – молочно-белый (из-за многочисленных газово-жидких включений или сильной трещиноватости); *горный хрусталь* – прозрачный; *аметист* – фиолетовый; *морион* – черный,

темно-коричневый, *раухтопаз* – дымчатый; *цитрин* – желтый; *розовый* – светло-розовый кварц.

Д.п.: форма кристаллов, в плотных агрегатах – по твердости, раковистому излому, отсутствию спайности и стеклянному блеску. Происхождение: магматическое, пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое, редко осадочное. Месторождения: на Урале (Ангари-Илимский и Мурзинско-Алабашкинский районы) и Алдане. Известны месторождения на Украине (Житомирской обл.), Швейцарских Альпах, Бразилии, Мадагаскаре и других регионах мира. Применение: оптика и радиотехника (горный хрусталь), ювелирное дело (ярко окрашенные разновидности), стекольное производство (кварцевые пески), для производства абразивов, стройматериалов.

Халцедон (SiO_2) - от названия древнего города Халкедон на берегу Мраморного моря. Микрокристаллическая разновидность кварца, обнаруживающая под микроскопом волокнистое строение. Кристаллов никогда не образует. Встречается в виде натечных, гроздевидных и почковидных образований, часто в виде миндалин, псевдоморфоз. Твердость 6,0-7,0. Уд. вес 2,6. Окраска разнообразная, часто пятнистая или полосчатая. Черта отсутствует. Блеск восковый, мутно-жирный. Просвечивает в тонких краях. Спайности нет, излом неровный, раковистый.

Разновидности: *хризопраз* – яблочно-зеленый; *сердолик* – желтый, оранжевый или красный; *карнеол* – желтоватый до кроваво-красного; *сардер* – бурый или коричневый; *сапфириин* – голубовато-серый, синий; *плазма* – зеленый; *гелиотроп* – зеленый с красными пятнами и др.

Разновидность халцедона полосчатого строения называется *агатом*. Полосы окрашены в различные цвета: *карнеолоникс* – чередующиеся белые и красные полосы, *сардоникс* – белый и бурые полосы, *оникс* – белые и черные полосы. Часты концентрические рисунки.

Халцедон входит в состав яшмы. **Яшма** – от нем. «jasper» - яшма – осадочная кремнистая порода, твердая (тв. 7), плотная, непрозрачная, обладающая раковистым изломом, пестрая, полосчатая, пятнистая, сложенная скрытокристаллическим кварцем, окрашенная в различные оттенки (чаще зеленого и красного цвета) окислами Fe и Mg.

Д.п.: многочисленные разновидности халцедона различаются по цвету (красный сердолик), рисунку (полосчатые агаты, слоистые ониксы, яшмы и др.). Происхождение: гидротермальное, осадочное гипергенное. Месторождения: в гальках речных долин Вилюя и Нижней Тунгуски, лучшие в мире яшмы добываются на Южном Урале. Применение: техника высокой точности, поделочный камень, кислото- и огнеупорный материал.

Опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – от санскритского «upala» - драгоценный камень. Аморфный твердый гидрогель кремнезема. Образует натечные, слоистые,

пористые, землистые массы, желваки, пленки; образует скелеты радиолярий, панцири диатомей, спикулы губок. Обычно твердый – 5,0-6,0, но в пористых и слоистых массах твердость может казаться значительно меньшей (1-2). Уд. вес 1,9-2,5. Бесцветен, но может окрашиваться различными хроматофорами. Благородные разновидности опала прозрачны и обладают опалесценцией - внутренним цветным отражением света. Черты нет. Блеск стеклянный, восковой. Спайность отсутствует, излом неровный, раковистый. Со временем опал может обезвоживаться и переходить в халцедон или кварц. Является главным компонентом некоторых осадочных пород биогенного и хемогенного происхождения (диатомитов, опок, трепелов, гейзеритов, радиоляритов).

Разновидности: *восковой* опал - желтый; *молочный* – молочно-белый, полупрозрачный; *огненный* – прозрачный, сверкающий от желтого до коричнево-красного; *гиалит* – бесцветный, водяно-прозрачный с игрой цветов и др.

Происхождение: гидротермальное, осадочное (биогенное, гипергенное). Применение: изготовление фильтров, полировка металлов, термоизоляционный материал, в химической, пищевой и нефтяной промышленности, в ювелирном деле.

Кремень (SiO_2). Представляет собой агрегат скрытокристаллического и аморфного кремнезема. Состоит из халцедона, кварца и опала. По составу различают халцедоно-кварцевый, кварцевый, халцедоновый и опало-халцедоновый кремень. Может содержать примесь карбонатов. Образует желваки и конкреции, псевдоморфозы, реже линзы и прослойки в осадочных породах, чаще в известняках. Как и кварц имеет эталонную твердость 7. Уд. вес – 2,6. Цвет различный (белый, черный, бурый, серый); черта отсутствует. Блеск матовый, мутный. Спайность отсутствует; излом раковистый. Непрозрачен, но опаловая или халцедоновая разновидности просвечивают в тонких сколах. Искрит при соударении или ударе о сталь, издавая специфический запах.

Происхождение: осадочное (диагенетическое). Применение: абразивный материал, производство зажигалок. Ранее – в кремневых ружьях. Первые орудия труда человека (ножи, скребки, наконечники стрел, копий) были выполнены из кремня.

Группа окислов и гидроокислов алюминия.

Корунд (Al_2O_3) – от инд. «kauruntaka» - рубин. Сингония тригональная; кристаллы шестигранные боченковидные, столбчатые, призматические, пирамидальные, таблитчатые. Самые большие найденные кристаллы корунда имели массу до 140 кг. Встречается в виде сплошных мелкозернистых и плотных масс; может образовывать россыпи. Характеризуется весьма высокой твердостью – 9,0. Уд. вес – 3,95-4,40. Бесцветный, но часто

окрашивается примесями в различные цвета. Наиболее характерен голубовато- или желтовато-серый цвет. Черты нет. Блеск – стеклянный, сильный. Спайность несовершенная, излом неровный, раковистый. Драгоценные разновидности прозрачны. На гранях отдельностей имеется параллельная штриховка.

Разновидности: *сапфир* – синий (окрашен Ti); *рубин* – красный (окрашен Cr); *наждак* – серый, черный мелкозернистый с примесью магнетита, гематита, пирита и др. минералов.

Д.п.: высокая твердость, нерастворим в кислотах. Происхождение: пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое. Месторождения: на Урале (Ильменские горы, Косой Брод), в Екатеринбургской области и Якутии. За границей известны месторождения в Бирме, Шри-Ланке, Индии, где добываются лучшие ювелирные разновидности корунда. Применение: абразивный материал, ювелирное дело.

Диаспор ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или AlOOH) – от греч. «диаспейрен» - растрескиваться. Водный окисел алюминия. Сингония ромбическая; форма кристаллов пластинчатый, таблитчатый, игольчатый. Встречается в виде листоватых или скрытокристаллических масс. Твердость 6,5-7,0; уд. вес 3,36. Цвет белый, сероватый, зеленый, желтый, красный, бурый. Черта бледнее внешнего цвета: белая, розовая, красная. Блеск стеклянный до алмазного. Спайность средняя; излом неровный. Минерал хрупкий.

Разновидности: *манганодиаспор* (розовый, содержит до 4% окислов марганца и до 2% окислов железа).

Д.п.: высокая твердость, листоватые агрегаты. Происхождение: метаморфическое (контактовое), осадочное (гипергенное). Месторождения: на Урале (Косой Брод), в Греции (о-в Наксос), США (шт. Массачусетс). Применение: руда алюминия.

Гидраргиллит (син. гиббсит) ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Al}(\text{OH})_3$) – по фам. Гиббс. Сингония моноклинная, иногда триклинная. Кристаллы псевдогексагональные, пластинчатые, столбчатые. Образует фарфоровидные, землистые, натечные, червеобразные агрегаты, конкреции. Твердость 2,5-3,0. Уд. вес 2,4. Бесцветный, белый, зеленоватый. Цвет черты – белый. Спайность весьма совершенная; излом неровный. Хрупкий. Растворяется в HCl и H_2SO_4 при нагревании.

Д.п.: стеклянный блеск, весьма совершенная спайность, низкая плотность. Происхождение: осадочное (продукт выветривания алюмосиликатных пород в условиях не только тропического и субтропического, но и умеренного климата), гидротермальное. Месторождения: бокситовый бассейн на Северном Урале, Салаирский кряж в Сибири. В латеритовых месторождениях Африки, Индии и США. Применение: руда алюминия.

Боксит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – назван по деревне Бо во Франции. Это горная

порода, руда алюминия, состоящая из диаспора и гидраргиллита с примесью глин, кремнеземов, окислов железа и т.д. Чаще всего находится в виде сплошных плотных и землистых масс, часто оолитовый. Твердость 1,0-4,0. Уд. вес около 2,5. Цвет белый, серый, розовый, буровато-красный (кирпичный), зависит от содержания окислов железа. Черта различная, бледнее внешней окраски. Блеск тусклый, матовый. Излом землистый. Малогигроскопичен, тощий на ощупь, не образует с водой пластичных масс (в отличие от каолина).

Д.п.: оолитовое сложение, глиноподобные агрегаты, пачкающие руки. Происхождение: осадочное (образуется при химическом выветривании алюмосиликатных пород в условиях жаркого переменновлажного климата, а также в результате переноса продуктов выветривания и отложения их в виде коллоидно-химических осадков в прибрежной полосе морей и озер). Месторождения: в Ленинградской обл. (Тихвинское), на Урале (Красная Шапочка), в Зап. Сибири (Салаир), Вост. Сибири (Боксонское), Пермском крае (Вежаю-Ворыквинское). Известны месторождения во Франции, Италии, Югославии, Индии и США. Применение: важная руда алюминия.

Железные окислы и гидроокислы.

Гематит (Fe_2O_3) – греч. «гематос» - кровь. Сингония тригональная; кристаллы пластинчатые, таблитчатые, чешуйчатые, ромбоэдрические, редко призматические. Встречается в виде плотных, скрытокристаллических масс (*красный железняк*), листоватых, чешуйчатых агрегатов (*железный блеск*), зернистых, землистых, почковидных или оолитовых масс. Твердость 5,0-6,0. Уд. вес 4,9-5,3. Цвет стально-серый, черный, иногда имеет красноватые оттенки (чаще землистые разности). Цвет черты вишнево-красный или красновато-коричневый. Блеск в кристаллах металло-видный, в скрытокристаллических массах – тусклый, иногда стеклянный. Спайность отсутствует. Излом неровный, может быть раковистым, землистым. Немагнитен или слабо магнитен.

Д.п.: вишнево-красная черта, высокая твердость, отсутствие магнитности. Происхождение: гидротермальное, метаморфическое, осадочное, пневматолитовое. Крупнейшие месторождения известны в районе Курской магнитной аномалии (Михайловское, Лебединское и др.), на Украине (Кривой Рог), в США (р-н озера Верхнего). Применение: важная руда железа, производство красок (сурик).

Магнетит (магнитный железняк) ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3$) – по преданию назван по имени пастуха Магнуса, обнаружившего главное диагностическое свойство – сильную магнитность. По второй версии, минерал обязан своим названием местности Магнезия в Македонии. Сингония кубическая, кристаллы октаэдрические, реже кубические или ромбододекаэдрические. Образует зернистые агрегаты, друзы, радиально-лучистые, почковидные, оолито-

вые, плотные массы, натёки и пр. Твердость 5,5-6,0. Уд. вес 4,8-5,3. Цвет черный, иногда с синеватой побелостью. От гематита легко отличается черным цветом черты. Блеск металлический, полуметаллический, тусклый. Спайность отсутствует; излом неровный, в кристаллах раковистый, в сплошных массах – зернистый. Сильно магнитен. Иногда грани кристаллов имеют штриховку.

Д.п.: сильное магнитное свойство, черный цвет, растворимость порошка магнетита в соляной кислоте. Происхождение: магматическое, метаморфическое. Месторождения: на Северном Урале (гора Магнитная, Высокая, Благодати), Южном Урале (Кусинское, Сарановское), в Курской области (КМА). Также известны месторождения в Казахстане, Южной Африке, Индии, Филиппинах. Применение: важнейшая руда железа.

Лимонит (бурый железняк) ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ или $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где n – до 4) – назван от греч. «лимон» - луг (первоначально имелись в виду его месторождения в болотах). Название используется как общее обозначение природного водного окисла железа. Чаще всего это скрытокристаллические или аморфные образования различных гидроокислов железа (гетита, лепидокрокита и др.), содержащие примеси (глинистые минералы, песок и т.п.). Лимонит может образовывать сплошные плотные массы, натечные формы (сталактиты, почки), губчатые, землистые массы, жеоды, оолиты. Иногда встречается в виде псевдоморфоз по пириту (кубики). Твердость у плотных разновидностей 4,0-5,5, у землистых, губчатых масс – ниже (до 1-2); уд. вес 2,5-4,3. Бурый, различных оттенков, обычно темно-бурый до черного, а также охристо-желтый. Черта бурая, желтовато-бурая. Блеск тусклый, металлический, полуметаллический. Спайность отсутствует, излом неровный, землистый.

Д.п.: форма выделений, цвет, черта. Происхождение: осадочное. Месторождения: лимониты озерно-болотного происхождения известны в Липецкой, Тульской областях, на Урале (Бокальское - «железная шляпа», Комарово-Зигагинское и др.). За рубежом имеются месторождения в Крыму (Керчинское), Казахстане, во Франции (Лотарингия), Люксембурге (основной поставщик железных руд в Западной Европе). Применение: железная руда, природная желтая краска (охра).

Прочие окислы

Ильменит (титанистый железняк) (FeTiO_3) – от названия Ильменских гор. Сингония тригональная; кристаллы таблитчатые, пластинчатые, ромбоэдрические. Встречается в виде вкраплений, реже в сплошных плотных или зернистых массах. Твердость 5,0-6,0; уд. вес 4,7-5,0. Цвет стально-серый, черный; черта – черная или бурая. Блеск – металлический, полуметаллический. Спайность отсутствует; излом неровный, в кристаллах - раковистый. Слабо магнитен или немагнитен.

Д.п.: похож на гематит, отличается по форме кристаллов, в агрегатах – по черте и слабой магнитности. Происхождение: магматическое, пегматитовое. Могут образовывать россыпи. Месторождения: известен в пегматитах Ильменских гор (Урал), в крупных россыпях в Днепропетровской области (Самотканское). Крупнейшие коренные месторождения в Норвегии (Экерзунд, Крагере и др.), во Франции (Сен-Кристоф), морские россыпи ильменита известны в Японии и Италии. Применение: важная руда титана.

Касситерит (оловянный камень) (SnO_2) – от греч. «касситерос» - олово. Сингония тетрагональная; облик кристаллов призматический, дипирамидальный, столбчатый, иногда игольчатый, очень характерны двойники. Образует сплошные зернистые массы, вкрапления, друзы, желваки, натечные формы, пористые и землистые массы. Твердость 6,0-7,0; уд. вес 6,5-7,1. Цвет бурый, черный, смоляно-черный, серый, редко бесцветный. Черта светло-коричневая, бурая у темноокрашенных разновидностей, светлые минералы дают бледную почти незаметную черту. Блеск металлоидный, алмазный; смоляной или жирный на изломе. Спайность несовершенная; излом неровный. Хрупкий.

Д.п.: форма кристаллов, высокая плотность. От рутила и циркона отличается по плотности, твердости и по жирному блеску. Происхождение: контактово-метаморфическое, гидротермальное, пегматитовое. Встречается в россыпях. Коренные и россыпные месторождения касситерита известны в Магаданской области и на Чукотке (Эге-Хая, Валькумей, Иультинское, Костер), в Хабаровском крае (Солнечное, Перевальное и др.), Восточных Саянах, Забайкалье (Ононское, Хапчеранга, Этыка). Крупные коренные месторождения в Боливии, Таиланде, Бирме и Индонезии. Применение: важнейшая оловянная руда.

Пирролюзит (MnO_2) – от греч. «пир» - огонь, «люсис» - мытьё (отмываю огнем). Название минерала связано с его способностью обесцвечивать зеленоватые оттенки стекла за счет окисляющего действия марганца. Сингония тетрагональная; кристаллы имеют призматическую, шестоватую или игольчатую форму. Встречается в виде радиальнолучистых агрегатов, корочек, налетов, сплошных плотных, землистых или оолитовых масс, псевдоморфоз по натечным формам. Твердость 6,0-6,5 (в землистых массах – намного меньше – 1-2); уд. вес 4,7-5,0. Цвет темно-серый, черный иногда с синеватой побелостью; черта черная, синевато-черная. Блеск матовый, полуметаллический, металлический. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный. Может пачкать руки (мягкие разности). Растворим в HCl с выделением хлора.

Д.п.: черная черта, наличие спайности, хрупкость и относительно низкая твердость. Происхождение: осадочное (мелководный химический осадок морей, продукт химического выветривания минералов и пород, содер-

жащих марганец), редко гидротермальное. Крупные осадочные месторождения известны на Украине (Никополь), в Грузии (Чиатурское), в Индии (Балагат, Нагпур, Бандар), в Гане (Золотой Берег). Применение: важная руда марганца.

Хромит (хромистый железняк) (FeCr_2O_4) – от греч. «хрома» - цвет. Сингония кубическая; габитус кристаллов октаэдрический. Встречается в виде вкрапленников или сплошных зернистых масс. Твердость 5,5; уд. вес 4,3-4,6. Цвет железно-черный, коричнево-черный. Черта слабоокрашенная, буроватая. Блеск полуметаллический, металлический. Спайность несовершенная, излом неровный. Внешне может быть похож на магнетит (отличается бурым цветом черты и отсутствием магнитности).

Д.п.: черный цвет, бурая черта, высокая твердость. Происхождение: магматическое. Месторождения: Северный Урал (Сарановское, Кемпирсайское), Южный Урал (Актюбинская обл., Казахстан). Известны также в Турции, Южной Америке, Филиппинах. Применение: основная хромовая руда.

8. Силикаты. Это группа минералов, насчитывающая около 800 разновидностей. В нее входят важнейшие породообразующие минералы магматических и метаморфических пород. Эти минералы составляют до 75-80% массы земной коры. Силикаты рассматривались учеными, как соли гипотетических кислот: ортокремниевой (H_4SiO_4), и ее производных – метакремниевой (H_2SiO_3) и др. В настоящее время при помощи рентгенографического метода расшифрованы структуры многих силикатов и выяснено, что основой их структуры является скелет из кремнекислородных групп с очень сильными связями Si-O. Современная классификация силикатов основана на типах их кремнекислородных скелетов. Общая черта силикатов – их структурный элемент: кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$ (в вершинах тетраэдра находятся атомы кислорода, а в центре – атом кремния). Этот анион подобен анионам серной, фосфорной и др. кислот, но его особенностью является способность образовывать постройки путем соединения 2 или более тетраэдров через общий атом кислорода. Тип структуры определяется пространственным сочетанием тетраэдров (рис. 6). Выделяют островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, листовые и каркасные структуры.

Островные силикаты. Радикал – изолированные тетраэдры $[\text{SiO}_4]^{4-}$. В эту же группу входят силикаты с изолированными группами (парами) тетраэдров - $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ (рис. 6а, 6б). *Кольцевые силикаты* – силикаты с радикалами кольцевого строения их трех $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, четырех $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$, шести $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ тетраэдров (рис. 6в, 6г, 6д). *Цепочечные (цепочечные) силикаты* состоят из одинарных бесконечных цепочек тетраэдров (рис. 6е), а *ленточ-*

ные силикаты из сдвоенных, строенных и т.д. - $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$, $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_5\text{O}_{15}]^{10-}$, $[\text{Si}_7\text{O}_{21}]^{14-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$, $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$, $[\text{Si}_8\text{O}_{20}]^{8-}$ - цепочек тетраэдров (рис. 6ж). Листовые (слоевые) силикаты обладают радикалом в виде двумерного бесконечного слоя построенного из кремнекислородных тетраэдров $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, $[\text{Si}_3\text{O}_7]$, $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ и др. (рис. 6з). Обязательно присутствие добавочных ионов OH, F. Кремнекислородный слой может быть гексагонального ли тетрагонального типа. В полном соответствии со слоистой структурой минералы характеризуются весьма совершенной спайностью в одном направлении. Характерна и низкая твердость минералов (1-4). Каркасные силикаты характеризуются радикалом, представленным трехмерным бесконечным каркасом из кремне- и алюмокислородных тетраэдров – $[\text{AlSiO}_4]$, $[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$, $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, $[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]$, $[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ (рис. 6и). Для каркасных силикатов характерна постоянная твердость (5-6), стеклянный блеск, светлая окраска.

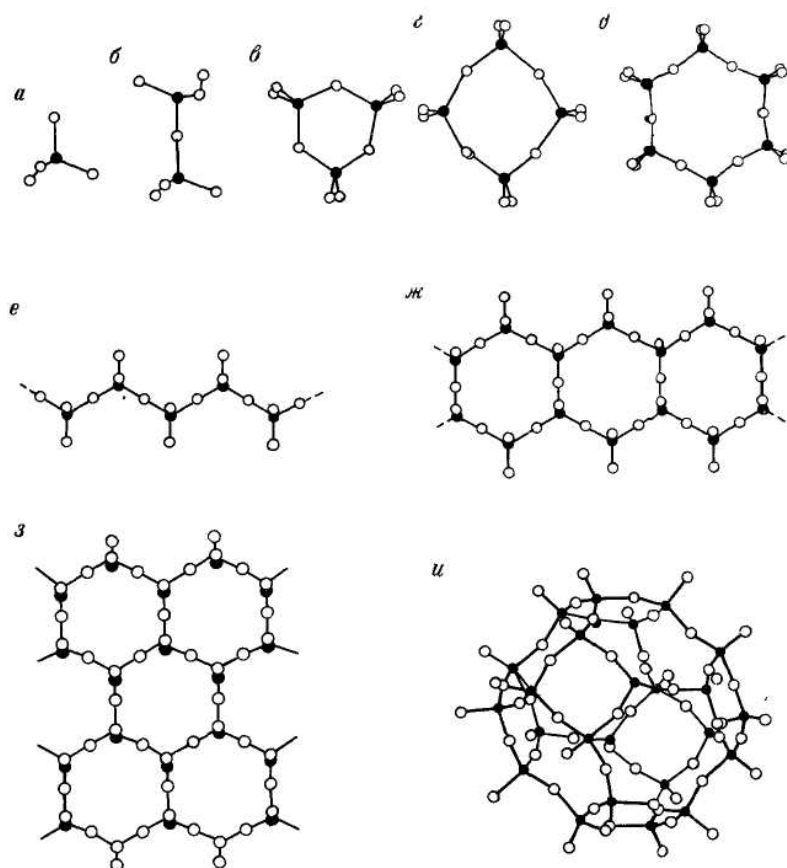


Рис. 6. Типы структурных мотивов в кристаллах минералов на примере силикатов:

а - изолированный кремнекислородный тетраэдр; *б* - сдвоенный тетраэдр; *в*, *г*, *д* - кольцевой мотив (*в* - из трех тетраэдров, *г* - из четырех тетраэдров, *д* - из шести тетраэдров); *е* - цепочечный мотив; *ж* - ленточный мотив; *з* - листовой мотив; *и* - каркасный мотив

В состав силикатов могут входить почти все элементы кроме Pl, Pd, Os, Ir, Ag, Au, Hg, Se, Te, Br, J, N, W. Входящий с состав силикатов алюминий играет двоякую роль. Он может быть катионом, занимая положение в структуре силиката, одинаковое с Ca, Mg, или может заменять Si в тетраэдрах с образованием алюмосиликатов. Аналогичную роль в силикатах

может играть бор и берилл (борсиликаты и бериллийсиликаты). Также для силикатов характерно явление изоморфизма.

Островные силикаты.

Оливин (перидот) $((\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4])$ – назван по цвету оливки. Сингония ромбическая; облик кристаллов изометричный, короткопризматический, уплощенный. В виде крупных кристаллов встречается редко, часто образует сплошные зернистые массы, вкрапления. Минерал обладает высокой твердостью (6,5-7). Уд. вес 3,3-4,1. Цвет – различный: от светло-зеленого и бесцветного до темно-зеленого и бурого; черта отсутствует. Блеск стеклянный. Спайность несовершенная, излом неровный, раковистый. Прозрачен или просвечивает. Является членом изоморфной серии, содержащий 11-30% Fe_2SiO_4 . Это основной порообразующий минерал основных и ультраосновных магматических пород.

Разновидности: *хризолит* – прозрачный зеленый оливин (драгоценный камень); *фаялит* (Fe_2SiO_4 , конечный член изоморфной серии).

Д.п.: стеклянный блеск, отсутствие кварца, высокая твердость, парагенезис с серпентином и пироксенами. Происхождение: магматическое. Месторождения: породы, содержащие оливин распространены на Урале, в Карелии, Восточных Саянах. Применение: ювелирное дело (хризолит).

Гранат $(\text{R}''_3\text{R}'''_2[\text{SiO}_4]_3)$, где R'' - Mg, Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ca; R''' - Al, Fe^{3+} , Cr, Ti) – назван по сходству с плодами или от лат. «гранум» - зерно. Сингония кубическая; габитус кристаллов – изометрический многогранный (ромбододекаэдрический или тетрагон-триоктаэдрический). Встречается в виде отдельных кристаллов, щеток. Твердость 6,5-7,5; уд. вес имеет значения в диапазоне 3,5-4,3 и зависит от хим. состава. Цвет различный, чаще темно-красный, буроватый до черного, зеленый. Блеск алмазный, стеклянный, на изломе жирный. Черты нет. Спайности нет, излом неровный, раковистый. Прозрачен. Некоторые разновидности обладают двулучепреломлением.

Разновидности:

Пироп $(\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3)$ – от греч «пиропос» - подобный огню - розово-красный, лиловый до черного.

Спессартин $(\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3)$ – по местности Шпессарт в Баварии – черный, красный до оранжевого, некоторые разновидности с александритовым эффектом.

Альмандин $(\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3)$ (по г. Алабанда в Малой Азии) – розовый, красный, бурый до черного.

Гроссуляр $(\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3)$ – от лат «grossularia» - крыжовник – светло-зеленый бесцветный, золотисто-желтый.

Андрадит $(\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3)$ – в честь португальского минералога д'Андрада – черный, красный, бурый, желтый. Зеленая прозрачная разновид-

ность андрадита называется демантоидом, черная - меланитом

Уваровит ($\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$) – в честь графа С.С. Уварова – президента АН - изумрудно-зеленый, темно-зеленый.

Д.п.: облик кристаллов, жирный блеск, высокая твердость и плотность. Происхождение: метаморфическое. Месторождения известны на Урале (горы Высокая, Магнитная, Таганай), в Карелии, в кимберлитах Якутии (пироп), в Средней Азии, США, Чехии. Применение: абразивный материал, приборостроение (заменитель корундов), полудрагоценный камень.

Топаз ($\text{Al}_2(\text{F},\text{OH})_2[\text{SiO}_4]$) – назван от о. Топазион (Зебергед) в Красном море или от санскр. «тапас» - огонь. Минерал ромбической сингонии; кристаллы призматические, часто с продольной штриховкой на гранях. Встречается в виде отдельных кристаллов или сплошных зернистых масс, друз, окатанных обломков кристаллов. Твердость 8, уд. вес 3,49-3,57. Бесцветный, голубой, винно-желтый, розовый, дымчатый. Черты нет. Блеск стеклянный. Спайность совершенная в одном направлении, излом неровный, раковистый. Прозрачен. Практически нерастворим в кислотах.

Д.п.: облик кристаллов, высокая твердость и совершенная спайность. Происхождение: пневматолитовое, пегматитовое. Месторождения: на Урале (Алабашка, Мурзинка, Ильменские горы, россыпи р.р. Каменки и Санарки), в Забайкалье (Адун-Чилон), Вост. Сибири. В пегматитах Волыни на Украине найден кристалл топаза весом 117 кг, крупнейшее в мире месторождение находится в Бразилии (Минас-Жерайс). Применение: драгоценный минерал, абразивный материал.

Кольцевые силикаты.

Берилл ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$) – от греч. «бериллос» зеленый прозрачный камень, использовавшийся как зрительное стекло. Сингония гексагональная; кристаллы шестиугольные призматические. Обычно встречается в виде одиночных вкрапленных кристаллов, иногда соединенных в друзы, изредка в виде сплошных шестоватых агрегатов. Твердость 7,5-8,0; уд. вес – 2,6-2,9. Цвет различный: зеленый, розовый, желтый, голубой, белый, иногда бесцветный. Черты нет. Блеск стеклянный. Спайность несовершенная; излом неровный, часто раковистый. Хрупкий. Прозрачный.

Разновидности: *изумруд* – ярко-зеленый, травяно-зеленый; *аквамарин* – сине- или зеленовато-голубой; *гелиодор* – желтый; *воробьевит* (морганит) – розовый; *гошенит* – белый берилл.

Д.п.: сравнительно легко узнается по облику кристаллов и высокой твердости. Происхождение: пегматитовое, пневматолитовое. Месторождения: на Кольском п-ове, Урале, в Забайкалье. За границей в США, Колумбии, Бразилии, Индии и ЮАР. Применение: руда на бериллий, драгоценный камень.

Турмалин ($\text{NaR}_3\text{Al}_6[(\text{OH})_{1+3}](\text{BO}_3)_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, где R – Fe^{2+} , Mg, Mn, (Li,Al)) – от сингальского наименования *turmalī*. Сингония тригональная; кристаллы столбчатые, призматические, игольчатые, всегда исштрихованные (вдоль длинной оси кристалла), с закругленными гранями, в поперечном сечении обычно сферический треугольник. Встречается в виде отдельных кристаллов, щеток, шестоватых, игольных и радиально-лучистых агрегатов («турмалиновых солнц»), реже в виде сплошных зернистых масс. Твердость 7; уд. вес 3,0-3,25. Бесцветный, зеленый, бурый, розовый, черный, полихромный, черты не оставляет. Блеск стеклянный. Спайность несовершенная, излом неровный. Хрупкий, прозрачный (светлые разновидности), электризуется при трении и нагревании.

Разновидности: *рубеллит* – красный турмалин (R – Mn^{2+}); *верделит* – светло-зеленый; *индиголит* – синий; *ахроит* – бесцветный; *шерл* – черный (R – Fe^{2+}).

Д.п.: форма кристаллов, вертикальная штриховка, высокая твердость и отсутствие спайности. Происхождение: пегматитовое, метаморфическое, гидротермальное. Месторождения: Урал (села Липовка, Шайтанка, Мурзинка), Карелия, Забайкалье (Шерлова гора), Вост. Сибирь. Известны также месторождения на Украине (Волянь), в Казахстане, Средней Азии, Бразилии, на Мадагаскаре, Цейлоне. Применение: драгоценные и полудрагоценные камни, оптика.

Цепочечные силикаты.

Группа пироксенов ($\text{W}(\text{X},\text{Y})_{1+p}[\text{Z}_2\text{O}_6]$, где W=Ca, Na; X=Mg, Fe^{2+} , Mn, Ni, Li; Y=Al, Fe^{3+} , Cr, Ti; Z=Si, Al; у ромбических пироксенов $p \approx 1$, у моноклиновых $p=0 \dots 1$). Назван от слов «пир» - огонь и «ксенос» - чуждый, т.к. в лавах обнаруживали целые, нерасплавленные минералы. Группа минералов ромбической и моноклиновой сингонии. Очень характерен облик кристаллов – короткие столбчатые восьмигранные кристаллы (бочонки). Твердость минералов высока – 5,0-6,0; уд. вес 3,0-3,5 (редко до 4,0). Цвет – различный – от белого до черного. Черты светлая, слабая или отсутствует. Блеск стеклянный, шелковистый. Спайность совершенная под углом 87° . Это один из главных породообразующих минералов основных и ультраосновных магматических пород. Ромбический пироксен образует изоморфную серию энстатит – бронзит - гиперстен – эвлит – ферросиллит (содержание Fe увеличивается от Э. к Ф.). Моноклиновые пироксены характеризуются взаимными замещениями ионов в положениях X и Y, в связи с чем происходят компенсационные замещения в положениях W и Z. К моноклиновым пироксенам относятся: диопсид, эгирин, жадеит, авгит, сподумен и др., среди которых также известны изоморфные ряды (например, эгирин - авгит).

Происхождение: магматическое, метаморфическое.

Авгит ((Ca, Mg, Fe²⁺, Al)₂[(Si, Al)₂O₆]) - от греч. «авгэ» - блеск. Пироксен моноклинной сингонии. Облик кристаллов – восьмиугольные призмы и мелкие столбики. Образует сплошные зернистые массы и вкрапления толстостолбчатых и короткопризматических кристаллов. Твердость – 6,5; уд. вес 3,3-3,6. Цвет серо-зеленый, темно-зеленый, бурый до черного. Черта слабая серая, серо-зеленоватая, зеленоватая. Блеск стеклянный. Спайность по призме ясная под углом 87°, излом неровный. Наиболее характерен для основных магматических пород, реже встречается в ультраосновных породах и породах высоких ступеней метаморфизма.

Разновидности: *базальтический авгит* – черный (содержит титан и марганец), *обыкновенный авгит* – темно-зеленый, зеленовато-черный.

Д.п.: отдельные кристаллы отличаются по характерным восьмиугольным разрезам. Происхождение: магматическое, метаморфическое. Месторождения: авгит ассоциируется с оливином и другими пироксенами (см. оливин).

Ленточные силикаты.

Группа амфиболов (X₂₋₃Y₅Z₈O₂₂(OH)₂, где X – Ca, Na, K, Mn, Mg, Fe²⁺; Y – Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Al, Ti, Mn, Cr, Li, Zn; Z – Si, Al) – от греч «амфиболес» - неясный. Несмотря на разнообразие химического состава по многим свойствам сходны между собой: сингония моноклинная или ромбическая, габитус кристаллов призматический до игольчатого и волокнистого, спайность совершенная по призме с углом ~124°. Твердость 5,0-6,0; уд. вес 2,85-3,6. Цвет различный – от бесцветного, темно-зеленого до темно-синего и черного. Черта светлая, зеленовато-серая, светло-коричневая. Блеск – шелковистый и перламутровый на плоскости спайности. В поперечном сечении (изломе) видны шестиугольники. Главный породообразующий минерал магматических и метаморфических пород.

Происхождение: магматическое, метаморфическое.

Роговые обманки (химический состав сложный, непостоянный: (Ca, Na)₂(Mg, Fe²⁺, Mn, Fe³⁺, Al) [OH]₂ [(Si, Al)₄O₁₁]₂). Это минералы моноклинной сингонии. Кристаллы столбчатого или игольчатого облика, шестигранные в основании. Образуют сплошные зернистые массы игольчатого строения, вкрапления. Твердость 5,5-6,0; уд. вес 3,1-3,5. Цвет серо-зеленый, темно-зеленый, темно-бурый до черного. Черта зеленоватая, буроватая, сероватая, иногда отсутствует. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – шелковистый. Спайность по призме совершенная под углом 124°; излом неровный, часто занозистый. В поперечном сечении кристаллы – шестиугольники. Породообразующие минералы.

Разновидности:

Обыкновенная роговая обманка - темно-зеленые до черного (см. описание выше).

Базальтическая роговая обманка - бурая до смоляно-черной, с высоким соотношением $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ и низким содержанием $(\text{OH})^-$.

Актинолит – лучистый, зеленый.

Уралит – псевдоморфоза амфибола по пироксену, волокнистый, светлый сине-зеленый, разновидность актинолита.

Щелочные обманки – синие, желтые, бурые, черные.

- *рибекит* – игольчатый, темно-синий до черного;

- *крокидолит* – волокнистая разновидность синего рибекита.

Д.п.: внешний облик, цвет, угол между плоскостями спайности (124°). Происхождение: магматическое, метаморфическое, реже пегматитовое. В кислотах не растворяется. Месторождения: на Северном Урале (гора Соколиная), Чехия (Черношин).

Листовые силикаты.

Тальк ($\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$) – от арабск. talg. Сингония моноклинная; габитус кристаллов таблитчатый, листоватый, чешуйчатый. Образует сплошные плотные или кристаллические чешуйчатые и листоватые агрегаты. Твердость 1, уд. вес 2,58-2,83. Бесцветный, белый различных оттенков: зеленоватый, желтоватый, голубоватый и т.д.; черта - белая. Блеск жирный, на плоскостях спайности – перламутровый. Спайность – весьма совершенная в одном направлении; излом – неровный. Жирный на ощупь (на Руси минерал называли жировиком). Легко расщепляется на толстые неупругие листочки. Отдельные листочки гибки.

Разновидности: *стеатит (жировик)* – от греч. «стеар» - жир, сало – плотная мелкочешуйчатая порода содержащая не менее 75% талька.

Д.п.: низкая твердость, жирность на ощупь, светлая окраска, совершенная спайность. Происхождение: метаморфическое (продукт метаморфизма железо-магнезиальных силикатов – оливина, пироксенов и др.). Крупные месторождения известны на Урале (Шабровское), в Восточных Саянах (Онотское). За границей в Китае, Канаде, Австрии, ЮАР. Применение: кислото- и огнеупорный материал (в резиновой, бумажной отраслях промышленности); производство изоляторов, смазок, пудры; поделочный камень.

Слюды ($\text{XY}_{2-3}(\text{OH},\text{F})_2[\text{Z}_3\text{O}_{10}]$), где X – K, Na, Ca·(Ba, Rb, Cs и др.); Y – Al, Mg, Fe (Mn, Cr, Li, Ti и др.); Z – Si, Al (Fe^{3+} , Ti). Большая группа минералов-силикатов слоистой структуры. Группе присущ изоморфизм. Особенностью слюд является содержание в них воды, выделяющейся у разных видов в различных температурных диапазонах. Самыми распространенными слюдами являются мусковит, биотит, флогопит, лепидолит и пр. Для большинства из них характерны следующие свойства. Сингония моноклинная; хорошо образованные кристаллы обладают гранями и имеют псевдогексагональный облик (таблички, листочки, бочонки). Встречаются

в виде отдельных кристаллов (листочков, чешуек) или образуют листоватые или чешуйчатые агрегаты. Твердость минералов вдоль плоскости спайности - 2, перпендикулярно плоскости спайности – до 4. Уд. вес до 3,3. Цвет различный, черта – белая. Спайность – весьма совершенная в одном направлении, излом неровный. Блеск стеклянный, жирный, перламутровый на плоскостях спайности. Прозрачны. Листочки гибкие и упругие. Фигура удара – шестилучевая звезда на плоскости спайности. Характерна триболюминесценция. Все слюды образуются в эндогенных условиях. Большая часть слюд является важнейшими породообразующими минералами магматических и метаморфических пород.

Мусковит ($\text{KAl}_2(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$), К может замещаться на Na, Rb, Cs, Ga, Ba). В средние века мусковитом называлась белая слюда, служившая вместо стекол – «московское стекло», вывозившееся из Московии (итал. Муска). Бесцветный с светло-зеленоватым, желтоватым, сероватым или красноватым оттенком. Уд. вес 2,88. Прозрачен.

Разновидности: *серицит* (от греч. «серикос» - шелковый) – светлый тонкочешуйчатый мусковит с шелковым блеском; *фуксит* – мелкочешуйчатый мусковит ярко-зеленого цвета, содержащий 1-6% Cr_2O_3 .

Д.п.: перламутровый блеск, весьма совершенная спайность, легкое расщепление на тонкие пластинки. По внешнему виду отличается от биотита и флогопита более светлой окраской. Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое. Месторождения: в Вост. Сибири (Мамский р-н), на Среднем Урале, в Карелии (Энское). За границей в Индии (Бенгальский и Мадраасский районы), США, Бразилии. Применение: электроизоляционный и тугоплавкий материал, производство серебристой краски.

Биотит ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$) – по фамилии ученого Био. К может замещаться Na, Fe^{2+} - Mn, Al - Li. Является крайним членом изоморфного ряда биотит – флогопит (условная граница с флогопитом отвечает отношению $\text{Mg}:\text{Fe} < 2:1$). Цвет в зависимости от состава красновато-бурый (Ti), зеленый (Fe^{3+}), черный ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$); черта белая или зеленоватая. Уд. вес 2,7-3,3. Прозрачен в тонких листках, в толстых пластинах непрозрачен.

Д.п.: легко узнается по темному цвету. Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое. Месторождения: на Урале (Ильменские горы), в Забайкалье (Борщовочный кряж), за границей в Скандинавии и Гренландии. Промышленного значения не имеет, в науке используется для определения абс. возраста аргоновым и стронциевым методами.

Флогопит ($\text{KMg}_3(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$) - от греч. «флёгопос» - огнеподобный, из-за красноватых оттенков. Крайний член изоморфной серии биотит – флогопит. Бесцветный до красновато-бурого и зеленого. Прозрачен.

Д.п.: от биотита отличается более светлой окраской, а от мусковита по оптическим свойствам. Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое. Месторождения: на южном берегу оз. Байкала (Слюдянское), в Якутии (Эмельджакское и Леглиерское), на Кольском п-ове (Ковдорское). За границей на Мадагаскаре, в Индии, Канаде. Промышленного значения не имеет, в науке используется для определения абс. возраста калий-аргоновым и рубидий-стронциевым методами.

Лепидолит $(K_2(Li,Al)_{5-6}[Si_{6-7}Al_{2-1}O_{20}](OH,F)_4)$ – от греч. «лепис» - чешуя. Обычна примесь Na, Rb, Cs, замещающих K. Существует непрерывная изоморфная серия между мусковитом и лепидолитом. Уд. вес. 2,9. Слюда, окрашенная в белые, часто розовые, бледно-фиолетовые цвета. Прозрачен.

Д.п.: розовые и фиолетовые оттенки цвета, агрегатное состояние. Происхождение: пегматитовое. Месторождения: литиевые слюды известны в пегматитах Забайкалья, на Урале, в Казахстане, Чехии (Рудные горы), Канаде и США. Применение: руда лития, рубидия, цезия; используется для определения абс. возраста Rb-Sr методом.

Гидрослюды – минералы, слюды, обогащенные H_2O , OH, H_2O . Наиболее распространенными гидрослюдами являются глауконит, хлорит, каолин.

Глауконит $((K,Ca,Na)_{<1}(Al,Fe^{3+},Fe^{2+},Mg)_2 \cdot (OH)_2[Al_{0,35}Si_{3,65}O_{10}])$ – от греч. «глявкос» - зеленовато-синий. Минерал моноклинной сингонии, габитус кристаллов псевдогексагональный. Встречается в виде землистых, реже тонкочешуйчатых и зернистых масс или в виде мелких (до 1мм) желвачков и зернышек в слоях осадочных пород (песках, глинах и т.п.). Твердость – 2-3; уд. вес 2,4-2,95. Цвет – от ярко-зеленого, желтовато-зеленого до зеленовато-черного, иногда бесцветный. Черта – белая, светло-зеленая. Блеск – стеклянный, жирный, матовый. Спайность в одном направлении, устанавливается очень редко, только в крупных агрегатах, излом неровный. Хрупкий. Растворяется в концентрированной соляной кислоте. В Калининградской области встречается в отложениях палеогена.

Д.п.: цвет, низкая твердость, парагенезис с минералами осадочных пород. Происхождение: осадочное, исключительно в морских бассейнах на глубинах 20-200-300 м. Месторождения: значительные скопления известны на восточном склоне Урала, в Поволжье, Курской, Орловской и Самарской областях. На Украине (Днепровско-Донецкая впадина, в Подолии и Волыни). Применение: калийное удобрение, зеленый красящий пигмент, смягчитель и опреснитель воды, определение абс. возраста калий-аргоновым методом.

Хлориты $((Mg,Fe^{2+})_3(OH)_2[AlSi_3O_{10}] \cdot ((Mg,Fe)_3(OH)_6))$ – от греч. «хлорос» - зеленый. Сингония моноклинная или триклинная; облик кристаллов

пластинчатый, таблитчатый, псевдогексагональный. Образует чешуйчатые, сферолитовые, оолитовые, скрытокристаллические агрегаты, друзы, двойники. Твердость 2-3; уд. вес 2,6-3,3. Цвет главным образом зеленый, но возможен розово-красный, фиолетовый (содержание Cr) и буро-черный (Fe) окрас. Черта белая, зеленоватая. Блеск стеклянный до перламутрового, жирноватый. Спайность совершенная в одном направлении; излом неровный. Характерно, что листочки хлорита гибкие, но не упругие.

Д.п.: цвет, спайность, схожесть со слюдами, но отсутствует упругость чешуек. Происхождение: метаморфическое (продукт гидротермального изменения железо-магниевого силикатов – биотита, авгита, роговой обманки). Месторождения: Приполярный и Южный Урал (Шишимские и Нязминские горы, Халиловское), Курская обл. За границей в Швейцарии и Германии. Применение: при высоком содержании Fe может использоваться как железная руда.

Серпентин (групповое название минералов группы серпентина) ($\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$) – от лат «serpens» - змея (из-за цвета). Группа минералов, включает моноклинные и ромбические хризотил (волокнистый облик) и антигорит (пластинчатый), ромбический лизардит (плотный, пластинчатый). Минералы образуют плотные и скрытокристаллические массы, часто в виде жилок параллельноволокнистого строения. Общие свойства минералов группы серпентина следующие. Твердость 2,5, у антигорита изредка до 3,5; уд. вес 2,55. Цвет буровато-зеленый, зеленый, светло-зеленый, голубоватый, белый, пятнистый; черта белая или слабо зеленоватая. Блеск тусклый, жирный (восковой), шелковистый. Спайность совершенная в одном направлении, однако, макроскопически это отмечается редко. Излом неровный в сплошных массах, занозистый у волокнистых разновидностей.

Д.п.: темно-зеленый (для обычных серпентинитов) оттенок цвета, жирный излом, зеркало скольжения. Происхождение: метаморфическое – продукт гидротермального изменения ультраосновных пород, реже – из доломитизированных известняков при контактовом метаморфизме. Месторождения: на Урале (Баженовское, Альпаевское, Ржевское и др.), Вост. Саянах (Ильгирское), в Туве (Актотракское), Бурятии (Молодежное). За границей в Канаде, Юж. Африке и др. Применение: поделочный камень.

Асбест (хризотил-асбест, горный лен) (хим. состав близок серпентину $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$) – от греч. «асбестос» - неугасаемый, неразрушимый, из-за невосприимчивости к огню. Моноклинный минерал. Тонковолокнистый, легко расщепляющийся на тонкие, гибкие, прочные нити-волокна, напоминающие шелк. Этим свойством обладают минералы группы серпентина (хризотил-асбест) и группы амфибола (амфибол-асбест). В хорошо образованных кристаллах не встречается. Часто находится в серпентине: на фоне сплошной массы серпентина асбест отчетливо выделяется в виде «про-

жилок», в которых волокна асбеста ориентированы обычно перпендикулярно к стенкам. Твердость 2,0-3,0, уд. вес 2,22. Чаще всего светлоокрашенный – белый, светло-серый, светло-зеленый, зеленовато-желтый, редко бурый. Черты не дает. Блеск шелковистый. Спайность – совершенная в одном направлении, излом – занозистый. Волокна мягкие и гибкие, легко скатываются в нити (из них делают ткани).

Д.п.: узнается по волокнистости, цвету и нахождению среди серпентинов. Происхождение: метаморфическое гидротермальное (изменение ультраосновных пород), контактовое (на границе с доломитизированными известняками). Месторождения: см. серпентин. Применение: огне- и теплоизоляционный материал.

Каолин(ит) ($Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$) – по названию хребта Као-Лин в Китае, где добывалась фарфоровая глина. Группа широко распространенных глинистых минералов, включающая собственно *каолин*, *диксит*, *накрит*, *аноксит*, *галлуазит*. Моноклинная сингония; кристаллы исключительно редки и малы по размерам (под электронным микроскопом устанавливается пластинчатый, таблитчатый или трубчатый габитус). Встречается в виде скрытокристаллических плотных или рыхлых порошковатых землистых масс, иногда в виде натечных форм. Твердость колеблется от 1 до 2,5; уд. вес 2,61-2,68. Цвет белый, слегка желтоватый, сероватый (примеси могут придавать каолину красный, зеленый, черный, бурый, голубой и др. цвета т.д.). Черта – белая. Блеск – тусклый, матовый, жирный. Спайность неясная, у пластинок – весьма совершенная в одном направлении; излом неровный, землистый. Сильно гигроскопичен (пластичен, размокает, в сухом виде липнет к влажным губам). Жирный на ощупь. При дыхании на него издает запах «печки». При нагревании до 400-500°C градусов начинает терять воду (полная дегидратация происходит при температуре 650-800 °C). Камнеподобная глинистая порода, не размокающая в воде, образующаяся в результате уплотнения, дегидратации и цементации глинистых минералов называется *аргиллитом*. Порода более твердая (3-4), плотная, иногда сланцеватая, не размокает. Глина, обожженная при подземных пожарах в угольных пластах, образует *глиеж* – звонкий черепок.

Д.п.: легко растирается пальцами, поглощая воду, становится пластичным тестом. Происхождение: осадочное гипергенное (при химическом выветривании минералов-алюмосиликатов – полевых шпатов, слюды и др.). Месторождения: восточный склон Урала (Троицко-Байновское), в Вост. Сибири, Ленинградской области. На Украине – Часов-Ярское (Днепропетровской обл.), в Китае (горы Као-Лин), Чехии (Карловы Вары). Применение: сырье для фарфоровой и керамической промышленности, строительный материал, огнеупорный материал, в бумажной (накопитель) и нефтяной (отбеливатель) промышленности и пр.

Каркасные силикаты в химическом отношении являются алюмосиликатами калия, натрия, кальция. Для них характерна довольно высокая твердость (5,0-6,0), преимущественно светлая окраска и низкий удельный вес (2,5-2,75). Каркасные силикаты делятся на две группы - полевые шпаты и фельдшпатидаы.

Полевые шпаты – наиболее распространенные породообразующие минералы верхней части литосферы, составляющие примерно половину ее веса или 60% объема магматических горных пород. Кроме K, Na, Ca в состав полевых шпатов в небольших количествах могут входить Fe^{2+} , Fe^{3+} , Li, Cs, Sr, Mg и др. Большинство полевых шпатов (Пшп) входит в тройную систему $Na[AlSi_3O_8]$ - $K[AlSi_3O_8]$ - $Ca[AlSi_3O_8]$, конечные члены которой соответственно – альбит, ортоклаз (микроклин, санидин) и анортит. Промежуточные по составу между $Na[AlSi_3O_8]$ и $K[AlSi_3O_8]$ называются *щелочными Пшп*; промежуточные между $Na[AlSi_3O_8]$ и $Ca[AlSi_3O_8]$ - *плаггиоклазами*. Сравнительно мало распространены бариевые Пшп – целзиан и гиалофан. Общие свойства Пшп можно описать следующим образом. Сингония моноклинная или триклинная (псевдомоноклинная). Твердость 6,0; уд. вес – 2,5-2,9. Окрашены преимущественно слабо (за исключением основных плаггиоклазов), черты не оставляют. Блеск стеклянный. Спайность совершенная и средняя, излом неровный, часто ступенчатый. Хрупкие. Некоторые Пшп иризируют. Происхождение магматическое, метаморфическое. Применяются как керамическое и стекольное сырье, некоторые разновидности как поделочный и полудрагоценный камень.

Плаггиоклазы (кальциево-натриевые полевые шпаты) – от греч. «плаггиос» - косою и «клясис» - разлом – т.к. плоскости спайности наклонны друг к другу. Образуют изоморфный ряд альбит (Ab) $Na[AlSi_3O_8]$ - анортит (An) $Ca[AlSi_3O_8]$. Состав алаггиоклазов может быть представлен в мол.% Ab и An. Плаггиоклазы обозначают номерами, отвечающими вес.% An. Обычно выделяют 6 основных подразделений плаггиоклаза, носящих специальные названия:

№0-10 - альбит	Кислые плаггиоклазы
№11-30 - олигоклаз	
№31-50 - андезин	Средние плаггиоклазы
№51-70 - лабрадор	Основные плаггиоклазы
№71-90 - битовнит	
№91-100 - анортит	

Все плаггиоклазы обладают триклинной сингонией; облик кристаллов таблитчатый, таблитчато призматический, часты двойники. Твердость 6,0-6,5. Уд. вес изменяется от 2,62 у Ab до 2,76 у An. Окраска светлая, за исключением лабрадора. Черты нет. Блеск стеклянный. Спайность совершенная, средняя под углом около 86° ; излом неровный, ступенчатый. Плаггио-

лазы № 1-25 и № 50-70 часто иризируют. Часта штриховка на гранях.

Альбит ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – от «альбус» - белый. Крайний член изоморфного ряда $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ($\text{An}_{0-10}\text{Ab}_{90-100}$). Сингония триклинная; форма кристаллов таблитчатая, пластинчатая, часты двойники. Встречается в виде сплошных зернистых масс и таблитчатых агрегатов, друз, отдельных кристаллов. Твердость 6,0-6,5; уд. вес 2,62. Цвет – белый, сероватый, реже – красноватый, желтоватый, бесцветный. Черты не дает. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности иногда перламутровый. Спайность совершенная и средняя в двух направлениях под косым углом (86°), излом неровный, ступенчатый. Возможно проявление иризации (побежалости). Иногда заметна тонкая параллельная штриховка на плоскостях спайности (следствие двойникования кристаллов).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, гидротермальное, контактово-метаморфическое.

Лабрадор – по названию полуострова. Состав определяется примерно равным соотношением молекул анортита и альбита – $\text{An}_{50-70}\text{Ab}_{50-30}$. Триклинный; облик кристаллов таблитчатый. Встречается в виде отдельных кристаллов, сплошных крупнозернистых масс. Твердость 6; уд. вес 2,7. Цвета темные – насыщенный серый, зеленовато-серый, коричневый. Черты нет. Блеск стеклянный, перламутровый. Спайность совершенная и средняя в двух направлениях под косым углом (86°), излом неровный. Характерна голубая, синяя и зеленая побежалость на плоскостях спайности и параллельная штриховка.

Происхождение: магматическое (свойственен основным магматическим породам). Применение: облицовочный камень.

Анортит ($\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – от фр. “anorthose” – плагиоклаз. Крайний член изоморфного ряда $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ - $\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ($\text{An}_{90-100}\text{Ab}_{0-10}$). Триклинный; габитус кристаллов таблитчатый, таблитчато-призматический. Крупные кристаллы редки. Встречается в виде мелких кристаллов в основных магматических породах или зернистых агрегатов. Твердость 6,0-6,5; уд. вес 2,73-2,76. Цвет серый, белый или желтоватый, реже красноватый и голубоватый. Черты не дает. Блеск стеклянный. Спайность совершенная под углом 86° . От альбита визуально практически не отличим.

Д.п.: только микроскопические и рентгенометрические. Растворимость плагиоклазов в кислотах увеличивается от альбита (почти нерастворимый) до анортита (сравнительно легко растворяется). В отличие от калиевых полевых шпатов редко бывает красного цвета. Происхождение: магматическое, контактово-метаморфическое. Месторождения: на Среднем Урале (Шайтанка, Липовка), Южном Урале (Ильменские горы), на Украине (Житомирская область).

Калиевые полевые шпаты ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$). Крайний член изоморфной

серии щелочных Пшп альбит ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Минералы моноклинной и триклинной сингонии. Форма кристаллов призматическая, таблитчатая, часты двойники. В ортоклазах и микроклинах обычны пертитовые вроски альбита и кислого плагиоклаза. Твердость 6,0; уд. вес 2,55-2,63. Цвет – белый, розовый, желтый, мясо-красный и др., редко бесцветный. Черты нет. Блеск стеклянный или перламутровый. Спайность совершенная и средняя; излом неровный, ступенчатый. Минералы породообразующие, содержатся в кислых и щелочных магматических породах

Ортоклаз ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – от греч «прямораскалывающийся». Моноклинный. Габитус кристаллов призматический. Встречается в виде сплошных крупнозернистых масс, крупных кристаллов, друз. Твердость 6,0-6,5; уд. вес 2,6. Цвет белый, кремовый, серый, розовый, красный. Черты не оставляет. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности может быть перламутровый. Спайность совершенная и средняя в двух направлениях под углом в 90° . Излом неровный, ступенчатый. Растворим только в азотной кислоте. При выветривании переходит в каолин.

Разновидности: *адуляр* (по горам Адуляр в Швейцарии) – водяно-прозрачный камень с белыми и голубыми отсветами, переливами («лунный камень»).

Д.п.: окраска, высокая твердость и спайность под углом 90° . Происхождение: магматическое, пегматитовое. Месторождения: в пегматитах Карелии, на Среднем и Южном Урале, в Сибири, на Украине (Волынь и приазовская часть Украинского щита). Применение: стекольная и керамическая промышленность. Используется также для определения абс. возраста аргоновым и стронциевым методами.

Микроклин ($\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – от греч. «микро» - малый, «клинос» - наклонено. Сингония триклинная; кристаллы похожи на ортоклаз. Встречается в виде сплошных крупнокристаллических масс. Отдельных кристаллов, друз. Твердость 6,0-6,5; уд. вес 2,6. Цвет аналогичен ортоклазу. Черты не дает. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности слегка перламутровый. Спайность совершенная и средняя в двух направлениях под углом близким 90° (отличие от ортоклаза). Излом неровный, ступенчатый. При выветривании переходит в каолин.

Разновидность: *амазонит* – зеленый или голубовато-зеленый микроклин.

Д.п.: от ортоклаза отличается только по оптическим константам. Происхождение: магматическое, пегматитовое. Месторождения: в пегматитах Карелии, на Урале (Ильменские горы), в Забайкалье, Казахстане. Применение: стекольная и керамическая промышленность, поделочный камень (амазонит). Используется также для определения абс. возраста аргоновым и стронциевым методами.

Фельдшпати́ды (фельдшпатоиды) – каркасные силикаты, сходные по составу с полевыми шпатами, но беднее их кремнекислотой. Они как бы замещают Пшп в некоторых магматических породах, недонасыщенных кремнекислотой, но богатых щелочами. Игрют существенную роль в составе щелочных пород. Важнейшими представителями являются нефелин (соответствует альбиту) и лейцит (соответствует калиевым Пшп).

Нефелин (элеолит, масляный камень) ($\text{Na}_3\text{K}[\text{AlSiO}_4]_4$) – от греч. «не-фелэ» - облако. Сингония гексагональная; облик кристаллов мелкопризматический, короткостолбчатый, толстотаблитчатый. Встречается в виде сплошных плотных и зернистых масс. Твердость 5,5-6,0; уд. вес 2,6. Бесцветный, в сплошных массах серый, грязно-желтый, буроватый, зеленоватый, красноватый, неоднородный. Черты не дает. Блеск на гранях кристаллов стеклянный, жирный на изломе. Легко выветривается и становится матовым. Спайность несовершенная; излом неровный, плоскораковистый.

Д.п.: жирный блеск, сероватая окраска, отсутствие в парагенезисе – кварца. Происхождение: магматическое, реже пегматитовое. Месторождения: Хибины на Кольском п-ове, на Урале (Ильменские и Вишневые горы), Кузнецком Алатау (Белогорск), в Приазовском р-не Украинского щита. Применение: стекольная и керамическая промышленность, сырье для получения соды, глинозема и некоторых красок, удобрений.

Лейцит ($\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$) – от греч. «левкос» - белый. Сингония тетрагональная (псевдокубическая), кубическая; кристаллы – тетрагонтриоктаэдры (двадцатичетырехгранники), додекаэдры. Встречается в виде отдельных кристаллов. Твердость 5,5-6,0; уд. вес 2,5. Цвет белый, серый. Черта отсутствует. Блеск стеклянный, иногда жирный на изломе. Спайность несовершенная; излом неровный, раковистый.

Д.п.: форма кристаллов и светлая окраска. Происхождение: магматическое (при застывании лав богатых калием и бедных кремнекислотой). Месторождения: в Приуралье, на Алдане, в Закавказье, Италии (в лавах Везувия). Применение: при значительном содержании в породе как сырье на калий и алюминий.

Глава III. Краткий определитель важнейших минералов

1. Диагностические признаки минералов

Блеск

1. Металлический
2. Стекланный
3. Алмазный
4. Жирный, восковой
5. Матовый (отсутствует)
6. Восковой

- 4а. Медно-красная
5. Зеленая
6. Синяя, голубая
7. Бурая, коричневая
8. Черная
- 8а. Железисто-черная
9. Многоцветная

Твердость

1. Мягкий (1,0-2,5 балла, чертится ногтем)
2. Средней твердость (2,5-5,0 баллов, ногтем не чертится, стекло не чертит)
3. Твердый (5,0-7,0 баллов, чертит стекло)
4. Очень твердый (>7,0 баллов, чертит кварц)

Форма агрегата

1. Зернистая
2. Скрытокристаллическая
3. Пластинчатая, листовая
4. Землистая
5. Шестоватая, столбчатая
6. Волокнистая, игольчатая
7. В виде отдельных кристаллов
8. В виде конкреций или желваков

Цвет черты

1. Белая
2. Серая, черная
3. Зеленая, темно-зеленая
4. Синяя
5. Красная
6. Желтая, бурая
7. Черта отсутствует

Дополнительные свойства

1. Спайность весьма совершенная
2. Излом раковистый
3. Вскипает с HCl (в холодном состоянии)
- 3а. Вскипает с HCl (в порошке или подогретом состоянии)
4. Магнитен
5. На вкус соленый
6. На вкус горько-соленый или жгуче-соленый
7. Штрихи на гранях
8. Имеется побежалость
9. Жирен на ощупь

Окраска

1. Бесцветная
2. Белая, серая
- 2а. Оловянно-белая
- 2б. Свинцово-серая
3. Желтая
- 3а. Латунно-желтая
- 3б. Золотисто-желтая
4. Красная, розовая

2. Таблица для определения минералов

Блеск	Твердость	Цвет черты	Окраска	Форма агрегата	Доп. свойства	Название	Страница
1	1	1	2а	1		Серебро	
1,4	1	2	8	3,2	9	Графит	
1	1	2	2б	3	1	Молибденит	
1	1	2	2б	1,7	1,8	Галенит	
1	1	6	3б	3		Золото	
1	2	2	2а	1		Платина	
1	2	2,3	3а	1,2,7	8	Халькопирит	
1	3	2	3а	1,7		Пирит	
1	3	2	3а	2,8,5		Марказит	
1	3	2,6	7,8	1,2		Ильменит	
1	3	6	8	1,7		Хромит	
1,3	3	6	7,8	1		Касситерит	
1,5	3	2	8а	1,2	4	Магнетит	
1,5	3	5	8а,4	2,4,1,3		Гематит	
2	1	1	1,2,4	1	5	Галит	
2	1	1	1,2,4	1	6	Сильвин	
2	1	1	1,2	4,6	6	Мирабилит	
2	1	1	1,2,4	1,3,6	1	Гипс	
2	1	1	1,2	3	1	Мусковит	
2	1	1	7	3	1	Флогопит	
2	1	1	7,8,5	3	1	Биотит	
2	1	1	4	3		Лепидолит	
2	1	1,2	1,2,6,8	4,6,8		Вивианит	
2	1	1,3	5	3,2	1	Хлорит	
2	2	1	1,2	1	3	Кальцит	
2	2	1	1,2,4,6	1,2,8,6	3	Арагонит	
2	2	1	2	1,2	3а	Доломит	
2	2	1	2	1,2	3а	Магнезит	
2	2	1	1,2	1,2		Ангидрит	
2	2	1	2,4,1	1,2,8		Барит	
2	2	1	1,2	2,4		Гидраргиллит	
2	2	1	9,1	1		Флюорит	
2	2	1	9,1	1		Апатит	
2	2	3	5	2,4,8	3	Малахит	
2	2	6	7,3	1,2,8	3а	Сидерит	

Блеск	Твердость	Цвет черты	Окраска	Форма агрегата	Доп. свойства	Название	Страница
2	3	1	2,9	3,2		Диаспор	
2	3	7,1	1,2,5,8	1,6		Группа амфиболов	
2	3	7	8,7,5	1,6		Роговые обманки	
2	3	7	1,9	7,5,6,1		Турмалин	
2	3	7	2,4,1	1	7,8	Альбит	
2	3	7	4,2,5	1		Микроклин	
2	3	7	8,7	1	7,8	Лабрадор	
2	3	7	2,4,3	1		Анортит	
2	3	7	4,2	1		Ортоклаз	
2	3	7	2	7		Лейцит	
2	3	7	1,2,9	1,7,2	2,7	Кварц	
2	3	7	8	1		Авгит	
2	3	7,3	1,5,7,8	1,6		Группа пироксена	
2	4	7	1,2,4,6	1,2	7	Корунд	
2	4	7	1,9	7,1,5		Берилл	
2	4	7	1,2,9	1		Топаз	
2,3	3	7	4,5,7	1,7		Гранат	
2,4,3	1	1	3	1,2,4		Сера	
2,4	1	1	1,2,3,4	1	6	Карналлит	
2,4	3	7	5,8	1,7		Оливин	
2,4	3	7	2	1		Нефелин	
2,4	2	1	5	2,6		Серпентин	
2,5	1	1,3	5	1,4		Глауконит	
3	1	5	4	1,4		Киноварь	
3,1	2	1,6	7,8	1	7	Сфалерит	
3,2	4	7	1	7,1		Алмаз	
4	1	1	2	6	1	Асбест	
4	1	1	2,5	2,3	9	Тальк	
5	1	1	1,2	3,4	6	Нашатырь	
5	1	1	2,9	2,4	9	Каолин	
5	1,2	5,6,1	4,7,2	4,2		Боксит	
5	2	2,6	7,8,2	2,4,8		Фосфорит	
5,1	1,2	6	7,3	2,4		Лимонит	
5,1	3,1	2	8	4,8,6,2		Пирролюзит	

Блеск	Твердость	Цвет черты	Окраска	Форма агрегата	Доп. свойства	Название	Страница
6	3	7	9	2	2	Халцедон	
6,2	3,2	7	1,2	2,4	2	Опал	
6,5	3	7	8,7,2	2,8	2	Кремень	

Список рекомендуемой литературы:

1. Барская В.Ф. Рычагов Г.И. Практические работы по общей геологии. М.: Просвещение, 1971. 160 с.
2. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М. Госгеотехиздат, 1961. 538 с.
3. Геологический словарь (в двух томах). М.: Недра, 1978. Т.1. 486 с.; Т.2. 456 с.
4. Ельцина Г.Н. Определитель минералов. Уч. пособие. Калининград: Изд-во КГУ, 1995. 48 с.
5. Кузин М.Ф. Егоров Н.И. Полевой определитель минералов. М. Недра, 1983. 259 с.
6. Куликов Б.Ф., Буканов В.В. Словарь камней-самоцветов. Л.: Недра, 1988. 168 с.
7. Лазаренко Е. К. Курс минералогии. М. Высшая школа, 1963. 555 с.
8. Миловский А.В. Минералогия и петрография. М. Недра, 1979. 436 с.