

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

**Г.И. ТРОФИМОВА**

## **ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ**

Учебно-методическое пособие

Томск

Издательство ТГАСУ

2013

УДК 553.5 (075.8)

ББК 26.303я7

**Трофимова, Г.И.** Породообразующие минералы [Текст] : учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов 1-го курса подготовки бакалавров очного отделения по дисциплине «Инженерная геология» направления 270800 «Строительство, профиль подготовки «Промышленное и гражданское строительство» / Г.И. Трофимова. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. – 40 с.

ISBN 978-5-93057-573-6

В учебно-методическом пособии приводится классификация и описание породообразующих материалов. Детально рассмотрены физические свойства минералов и методика их определения.

Пособие предназначено для подготовки бакалавров, изучающих породообразующие минералы в курсе инженерной геологии.

**УДК 553.5 (075.8)**

**ББК 26.303я7**

**Рецензенты:**

**В.Е. Ольховатенко**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии и геоэкологии ТГАСУ;

**Т.А. Ожогина**, главный геолог ЗАО «Метан Кузбасса», г. Ленинск-Кузнецкий.

ISBN 978-5-93057-573-6

© Томский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2013  
© Трофимова Г.И., 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Представление о породообразующих минералах</b> .....	5
<b>2. Условия образования минералов</b> .....	7
<b>3. Формы нахождения минералов в природе</b> .....	9
<b>4. Физические свойства минералов</b> .....	11
<b>5. Классификация и описание минералов</b> .....	16
<b>6. Определение минералов</b> .....	28
<b>Контрольные вопросы</b> .....	29
<b>Библиографический список</b> .....	30
<b>Приложение</b> .....	31

## ВВЕДЕНИЕ

Земная кора сложена минералами и горными породами, которые, в свою очередь, состоят из минералов.

К породообразующим минералам (*англ. rock-forming minerals*) относятся минералы, содержание которых в данной горной породе превышает 5 объемных процентов. Набор породообразующих минералов (наряду со структурно-текстурными особенностями) определяет название горной породы. В широком смысле породообразующими называются минералы, распространенные в группах горных пород.

Минералы – это природные тела, относительно однородные по химическому составу и физическим свойствам, образующиеся в результате физико-химических процессов в земной коре. В настоящее время известно около 4000 минералов, включая их разновидности. Разнообразности имеют свои названия и отличаются от основного минерала состоянием вещества или некоторыми физическими свойствами (см. приложение).

Минералы могут быть твердыми, жидкими (ртуть), газообразными (сероводород, метан). Из них в образовании горных пород, важных для строительства, принимают участие не более 50, называемых породообразующими. Среди породообразующих минералов различают главные и второстепенные. Для каждой группы пород характерны свои породообразующие минералы. Минералы, являющиеся для одних пород второстепенными, для других могут быть главными породообразующими.

Изучением химического состава минералов, особенностей их структуры, физических свойств, условий происхождения занимается наука **минералогия**, кристаллические формы минералов изучает **кристаллография**, горных пород – **петрография**.

## 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛАХ

Вещества в природе встречаются:

- кристаллические;
- аморфные.

подавляющее большинство известных твердых минералов являются кристаллическими образованиями и лишь незначительная их часть – аморфными. Различия между кристаллическим и аморфным состояниями заключается в том, что в первом случае ионы располагаются в строго определенном для данного вещества порядке, образуя структурную решетку, во втором – закономерность в распределении частиц отсутствует. Различия во внутреннем строении кристаллических и аморфных тел сказываются и на их физических свойствах (теплопроводности, спайности, твердости и т. п.). У кристаллических тел они постоянны в любых параллельных направлениях, поэтому их называют **анизотропными**. У аморфных тел физические свойства равновелики во всех направлениях, поэтому такие тела носят название **изотропных**.

Кристаллические вещества обладают способностью самоограняться, т. е. давать правильно образованные кристаллические многогранники. Аморфные минералы (опал) дают бесформенные массы, часто натечного характера. Агрегатное состояние минерала зависит не только от его внутреннего строения, но и от условий образования.

Минералы, находящиеся в кристаллическом состоянии, в природе чаще всего встречаются в виде агрегатов (скоплений зерен) неправильной формы и значительно реже в виде правильных многогранников – кристаллов. Хорошо выраженные кристаллы возникают в трещинах и других пустотах горных пород, где они свободно растут.

Кристаллические структуры очень разнообразны, и выражается это разнообразие во внешнем облике минералов, в их форме. Каждому минералу присуща своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей решетки, химического состава и условий образования. Разнообразие минеральных видов обусловлено и такими свойствами минералов, как полиморфизм и изоморфизм.

**Полиморфизм** – способность некоторых минералов образовывать различные кристаллические формы при одном и том же химическом составе (кальцит  $\text{CaCO}_3$  кристаллизуется в тригональной сингонии, а арагонит  $\text{CaCO}_3$  – в ромбической; алмаз  $\text{C}$  – в кубической, а графит  $\text{C}$  образует кристаллы гексагональной сингонии).

**Изоморфизм** – способность минералов одной и той же кристаллической формы иметь переменный химический состав. Это явление, при котором в кристаллическое решетке допускается замена одних ионов ( $\text{Fe}^{+2}$ ) другими ( $\text{Mg}^{+2}$ ) (изомерный ряд оливина).

Одни кристаллы имеют форму трех-, четырех-, шестигранных призм или пирамид, другие – куба, третьи – октаэдра и т. п. Внешний облик кристалла используется для определения минерала. Кристаллы ограничиваются плоскостями, называемыми *гранями*; линии, образующиеся от пересечения граней, называются *ребрами*; точки пересечения ребер – *вершинами* кристалла.

Форма граней кристаллов, их величина, в некоторых случаях даже количество, в зависимости от условий роста кристаллов могут быть разными. Соответственно изменяются размеры и количество ребер кристалла и его внешний облик, но взаимное расположение граней, связанное с внутренней структурой данного вещества, остается постоянным, т. е. остаются постоянными углы между соответствующими гранями.

Кристаллы по форме, как правило, симметричны, т. е. отдельные их элементы (грани, ребра и вершины) или комбинация последних закономерно повторяются. Это можно заметить при рассечении кристалла мысленно плоскостью, при вращении его вокруг воображаемой оси, также при сопоставлении расположения отдельных его элементов относительно центра кристалла. Плоскости, оси и центр являются элементами симметрии кристалла и со-

ответственно называются плоскостями симметрии, осями симметрии и центром симметрии. Плоскостью симметрии (*P*) называется воображаемая плоскость, которая делит кристалл на две зеркально равные части. Осью симметрии (*L*) называется воображаемая ось, при повороте вокруг которой на 360 градусов отдельные элементы кристалла могут повторяться 2, 3, 4 и 6 раз. Соответственно этому оси будут называться осями симметрии второго (*L*2), третьего (*L*3), четвертого (*L*4) и шестого (*L*6) порядка. Центром симметрии (*C*) называется точка внутри кристалла, в которой пересекаются и делятся взаимно пополам все прямые линии, соединяющие соответственные точки поверхности кристалла. У кристалла может быть только один центр симметрии, или он вовсе отсутствует. Существует лишь ограниченное число форм, отвечающих тем или иным сочетаниям элементов симметрии. Совокупность элементов симметрии данной формы называется видом симметрии. Изучение внешних форм минералов и отнесение их к определенному виду симметрии имеют большое значение, ибо все свойства минералов тесно связаны с их внутренней структурой, со строением структурной решетки. По форме кристаллов и характеристике их элементов симметрии выделяют шесть кристаллографических систем, или сингоний (табл. 1).

Таблица 1

### Кристаллографические системы

Наименование системы	Характеристика осей	Число плоскостей симметрии	Характерные минералы
Кубическая	Три равные оси, расположенные под прямым углом	9	Гранат, пирит, галит, флюорит
Гексагональная *	4 оси: 3 равные горизонтальные, расположенные равномерно под углом 120° одна к другой, а одна вертикальная	7	Кварц, кальцит, апатит
Тетрагональная	Три оси под прямым углом; 2 горизонтальные равные	5	Циркон, касситерит, везувиан
Ромбическая	Три оси равной величины расположены под прямым углом	3	Оливин, топаз, барит
Многосклонная	Три оси равной величины. Одна горизонтальная ось под прямым углом к вертикальной Третья – наклонная	1	Гипс, ортоклаз, слюда, авгит (пироксен)
Триклинная	Три оси разной величины образуют углы, не равные 90°	нет	Плагиоклазы (альбит, анортит и др.)

\* Гексагональную систему делят на две подсистемы – собственно гексагональную и тригональную.

Форма кристалла является одним из важнейших диагностических признаков. Благодаря кристаллической решетке, минералы формируются в виде кристаллов не только разной формы, но и неодинаковой величины. Форма кристалла не всегда хорошо выражена и не всегда при рассмотрении минералов макроскопически распознается. В таком случае приходится обращаться к другим методам определения минералов, основанным на разнообразии свойств минералов. Среди них выделяются лабораторные и полевые. Лабораторные методы (рентгенометрический, химический, кристаллооптический, спектральный, термический и др.) базируются на изучении химического состава и физических свойств минералов. Для успешного проведения полевых геологических работ достаточно определить главнейшие минералы макроскопически по комплексу физических свойств, присущих каждому минералу.

## 2. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ

Знание условий образования минералов имеет большое значение для прогнозов, поисков их и для восстановления истории геологического развития изучаемого района. Встречающиеся в земной коре минералы образовались в результате определенных процессов, протекающих в толще земной коры или на ее поверхности.

Различают магматический, пегматитовый, пневматолитический, гидротермальный, метаморфический, гипергенный и другие типы происхождения минералов. По условиям образования часто определяют нахождение минералов в природе.

### 2.1. Магматический тип

Минералы образуются из магмы – сложного силикатного высокотемпературного расплава, насыщенного газами. Магма возникает в виде очагов в верхней мантии при изменении давления или температуры в результате протекания там физико-химических процессов. Магма, вылившаяся на поверхность и потерявшая часть газов, называется *лавой*.

Поднимаясь из недр Земли, магма остывает и расщепляется (дифференцируется). При медленном остывании из нее на ранних стадиях выделяются оливин, пироксены, плагиоклазы, позже – амфиболы, слюды, ортоклаз и микроклин и в последнюю очередь – кварц.

### 2.2. Пегматитовый тип

С остыванием последних порций магмы, обогащенной щелочами и окислами, насыщенной газами, связано так называемое пегматитовое образование минералов. Пегматитовые жилы (мощность их до многих сотен метров), состоящие из крупных кристаллов кварца и полевого шпата, прорезают иногда магматические тела во всех направлениях. Пегматитовая стадия дифференциации магмы, согласно А.Е. Ферсману, начинается при температуре 700 °С и заканчивается при 500 °С. В эту стадию дифференциации магмы образуются многие рудные минералы, драгоценные камни, уран и другие радиоактивные элементы. Из пегматитовых жил добывают слюду, пьезокварц и ортоклаз.

### 2.3. Пневматолитовый и гидротермальный типы

При внедрении магмы в земную кору или при ее движении, опережая ее, движутся выделяющиеся из нее газы. Среди них перегретые пары воды, сернистые, фтористые и хлористые соединения различных металлов и водорода, соединений бора, фосфора, серы и других компонентов. Они поднимаются по разломам в земной коре. Из этих летучих соединений и образуются в трещинах и пустотах в земной коре, в остывающем магматическом теле (то же в пегматитовых жилах) разнообразные минералы. При пневматолитизе, в частности, образуются руды вольфрама, мышьяка, молибдена, висмута и др. При температуре ниже 500 °С пневматолитиз сопровождается гидротермальными процессами, с которыми связано образование золота, галенита, сфалерита, киновари, пирита, халькопирита, кальцита и др. При температурах ниже 375 °С гидротермальный тип образования может проявляться самостоятельно. К пневматолитовому типу происхождения относится также образование минералов из летучих соединений, выделяющихся при вулканических извержениях (самородная сера, гематит и др.).

### 2.4. Метаморфический тип

Характерен для большой группы минералов. Возникновение их связано с воздействием высоких температур и давлений на существующие минералы и горные породы. Такие усло-

вия, возникают, например, на контакте внедрившейся магмы и вмещающих ее пород. Здесь образуется магнетит, гранаты, хлориты, тальк и многие другие минералы, которые часто имеют промышленное значение. Примерами являются месторождение магнитного железняка на Урале, месторождение графита в Восточных Саянах. В контактовой зоне образуются также пневматолитовые и гидротермальные минералы.

### **2.5. Гипергенный тип**

Гипергенные минералы возникают на поверхности Земли или в самых верхних слоях земной коры, а также в морях, лагунах, озерах и болотах. Образуются они в результате ряда химических реакций, нередко при участии влаги и газов атмосферы, в итоге деятельности подземных вод и вод морей, океанов, болот и озер, а также в процессе жизнедеятельности организмов (сера, пирит и др.).

### **2.6. Метасоматический тип**

Большая часть минералов образуется путем замещения одних минералов другими при изменении существующей геологической обстановки. Это процесс метасоматоза. Протекает он в разных условиях. Например, на контакте магмы с известняками или в поверхностных условиях, когда кальцит  $\text{CaCO}_3$  может перейти в доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

Известны и другие типы генезиса минералов. Необходимо иметь в виду, что один и тот же минерал может образовываться в различных условиях, приобретая при этом различные типоморфные особенности. Совместное образование различных минералов в одних и тех же условиях получило название *парагенезис*.



### 3. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛОВ В ПРИРОДЕ

Форма (морфология) минерала зависит от его внутреннего строения и условий образования. Свободно растущий анизотропный минерал имеет ярко выраженную кристаллическую форму. Однако чаще минералы встречаются в виде кристаллических агрегатов и сростков.

**Кристаллические агрегаты** – скопление минеральных зерен различной формы, зависящей от внутреннего строения минерала и формы пространства, в котором происходила кристаллизация минерала.

По величине зерен их делят:

- на крупнозернистые (размер зерен свыше 5 мм в поперечнике);
- среднезернистые (от 2 до 5 мм);
- мелкозернистые (0,5–2мм);
- скрытокристаллические (менее 0,5 мм),

которые образуют плотные либо землисто-рыхлые массы. Кристаллические агрегаты образуются при зарождении массы кристаллов. При росте они заполняют все имеющееся пространство, и поэтому форма их, свойственная минеральному веществу, не всегда хорошо выражена.

Среди кристаллических агрегатов по форме различают:

- зернистые, имеющие изометрическую форму (пирит, каменная соль);
- столбчатые (селенит);
- шестоватые – вытянутой формы (роговая обманка);
- волокнистые (асбест);
- пластинчатые (гипс);
- чешуйчатые (графит).

Зернистые агрегаты встречаются в природе очень часто. Если агрегат состоит из зерен какого-либо одного минерала, он называется *мономинеральным*, если агрегат включает зерна нескольких различных минералов, он носит название *полиминерального*.

Минералы в природе встречаются также в виде друз, конкреций, секретий или в виде натечных форм.

**Друзы (щетки)** – сростки более или менее правильных кристаллов, приросших одним концом к породе. Образуются при росте кристаллов в относительно свободном пространстве – в открытых трещинах, пустотах, пещерах. Если в друзах кристаллы параллельны и соприкасаются друг с другом, такая форма носит название кристаллической щетки.

**Двойники** – закономерные сростки двух и более кристаллов. Например, минерал гипс часто образует двойники, которые называют «ласточкин хвост», а плагиоклазы – сложные полисинтетические двойники, след от которых виден на плоскостях спайности в виде параллельной двойниковой полосчатости или штриховки.

**Секреции** возникают при заполнении минералами пустот в породе. Они имеют обычно концентрическое строение: порции минерального вещества последовательно осаждаются на стенке полости, постепенно заполняя ее от периферии к центру. Если вся полость оказывается заполненной минеральным веществом, то центральная часть секреции часто имеет радиально-лучистое строение. Если минерального вещества не хватает для заполнения всей пустоты, в центре секреции сохраняется полость. Мелкие секреции (до 10 мм в поперечнике) называются миндалинами, крупные – жеодами.

**Конкреции** представляют собой агрегаты более или менее округлой формы и являются результатом отложения минерального вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации.

Строение конкреций часто бывает радиально-лучистым, а также концентрическим (скорлуповатым).

**Оолиты** – мелкие (до 10 мм в поперечнике) округлые образования концентрического строения, близкие к конкрециям. Они возникают при выпадении минерального вещества в движущейся воде. Иногда оолиты имеют органическое происхождение.

**Натечные образования** – минеральные агрегаты, образующиеся в пустотах путем выпадения кристаллических зерен из растворов при медленном испарении последних. Имеют различную форму (почковидную, сосульковидную) и обычно концентрическое строение. Натечи, свисающие со сводов пустот, называются **сталактитами**, а поднимающиеся к ним навстречу со дна пустот – **сталагмитами**.

## 4. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Внутреннее строение и химический состав минералов определяют их физические свойства. Его внешние признаки отражают характерный набор свойств каждого минерала. Знание и умение различать физические свойства каждого минерала дает возможность распознавать минералы по внешним признакам.

К основным физическим свойствам минералов относятся: агрегатное состояние, цвет минерала в куске и порошке, блеск, твердость, спайность (излом), прозрачность, удельный вес, а для ряда минералов и другие ярко выраженные, характерные часто только для них свойства.

### 4.1. Цвет минерала

Одни минералы обладают постоянным цветом (азурит – синий, киноварь – кроваво-красная, аурипигмент – золотисто-желтый, магнетит – черный, галенит – свинцово-серый), другие (кварц, флюорит) могут быть различно окрашенными или бесцветными. Цвет минералов в куске зависит от состава минерала, от расположения ионов в структурной решетке, от незначительных химических и механических примесей, сильно изменяющих окраску, но не влияющих на многие другие свойства минералов. Цвет минерала обычно не является определяющим признаком и может быть использован, главным образом, в совокупности с другими свойствами. Различные минералы могут быть окрашены в одинаковый цвет. Среди химических красителей следует назвать железо, хром, марганец, медь, кобальт, титан, ванадий, висмут и, в меньшей степени, вольфрам, молибден, уран и другие элементы. Железо в различных соединениях придает разную окраску минералам – от светло-зеленых, бледно- и ярко-желтых до бурых, красно-коричневых, густо-синих и черных тонов. Хром окрашивает в красные цвета, марганец – в вишнево-розовые, медь – в зеленый и синие цвета. Вопрос о причинах окраски многих минералов до настоящего времени полностью еще не решен. Установлено, что на цвет минералов оказывают влияние рентгеновские и катодные лучи, радиоактивные процессы, микроорганизмы, населяющие водоемы, в которых образуются минералы осадочного происхождения. На поверхности некоторых минералов имеется пестроокрашенная или радужная пленочка – побежалость. Она образуется чаще в результате окисления минералов. Пестрая побежалость синевато-голубоватых оттенков свойственна минералам, содержащим в составе медь, красновато-коричневых – минералам, содержащим в своем составе железо.

Описывая минерал, следует стремиться к возможно более точному и ясному определению цвета, сравнивая его с цветом общеизвестных предметов, например, молочно-белый, лимонно-желтый и т. д.

### Цвет минерала в порошке

**Цвет минерала в порошке или цвет черты** может совпадать с цветом его в куске (магнетит в куске и в порошке черный). У некоторых минералов цвет их в порошке отличается от цвета в куске. Например, пирит в куске соломенно-желтый, в порошке – зеленовато-черный.

Для непрозрачных и сильно окрашенных слабопрозрачных минералов цвет порошка служит важным диагностическим признаком. У прозрачных и большинства просвечивающих минералов порошок бесцветный или слабоокрашенный.

Чтобы получить порошок определенного минерала, достаточно провести им по шероховатой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки, на которой минералы, имеющие твердость не более 6, оставляют порошкообразный след в виде черты.

### 4.2. Блеск

Блеск является результатом отражения света от поверхности минерала и, следовательно, зависит от его показателя преломления, способности поглощать свет и от характера отражающей поверхности.

По блеску минералы делятся на две группы.

Первая группа: минералы с **металлическим** блеском, поверхность которых в отраженном свете напоминает блеск поверхности металла. Таким блеском обладают непрозрачные минералы, такие как самородные металлы, многие сульфиды, окиси железа. Сильный металлический блеск иногда затрудняет определение цвета минерала.

Вторая группа более обширная, к группе относятся минералы с **нематаллическим** блеском. Различают следующие виды блеска:

*металлоподобный* (полуметаллический) напоминает блеск потускневшей поверхности металла. К таким минералам относится графит;

*алмазный* – самый интенсивный блеск, свойственный немногим прозрачным или просвечивающим минералам (алмаз, сфалерит и др.);

*стеклянный*, напоминающий блеск поверхности стекла, характерен для ровных поверхностей большинства прозрачных и просвечивающих минералов (горный хрусталь, кальцит, галит и др.);

*жирный* блеск, при котором поверхность минерала кажется как бы смазанной тонкой пленкой жира. Он обусловлен некоторым рассеиванием отраженных от неровной поверхности лучей; встречается на изломе самородной серы, кварца, нефелина и др.);

*перламутровый* – минерал блестит как перламутровая поверхность раковины; возникает вследствие отражения света от плоскостей спайности и тонких внутренних трещинок; наблюдается у слюды, гипса и др.;

*шелковистый* – напоминает блеск шелковых ниток, присущ минеральным агрегатам, обладающим волокнистым строением с параллельной ориентировкой волокон, как, например, асбест.

Некоторые скрытокристаллические и аморфные агрегаты (к примеру, иногда кремний) имеют восковой блеск. У землистых минеральных агрегатов с мелкопористой поверхностью блеск бывает матовым.

### 4.3. Прозрачность

По этому признаку выделяют минералы:

*непрозрачные*, т. е. не пропускающие световых лучей даже в очень тонких пластинах; обладают металлическим и металлоподобным блеском и дают черную или темноокрашенную черту. К ним относятся самородные металлы, многие сульфиды, окислы железа и др.;

*прозрачные*, пропускающие свет подобно обычному стеклу (горный хрусталь, чистый кальцит и др.);

*полупрозрачные*, пропускающие свет подобно матовому стеклу (халцедон, гипс, иногда опал и др.);

*просвечивающие только в тонкой пластинке* (по тонкому краю). К ним относятся многие минералы: полевые шпаты, многие карбонаты, кремний и др.

Тонкозернистые агрегаты обычно кажутся непрозрачными, так как луч света в них многократно преломляется от различно ориентированных зерен.

### 4.4. Излом

**Излом** – характеристика минерала, описывающая вид поверхности, образующейся при расколе минерала.

Вид излома зависит от ряда механических свойств минерала (хрупкость, ковкость и др.), от его кристаллической структуры (наличие или отсутствие спайности, степень её совершенства и др.), от характера срастаний в агрегатах минералов, величины и формы зёрен в них и т. д. Кристаллы минералов с совершенной или хорошей спайностью образуют ровные с блестя-

щими поверхностями изломы (слюда, каменная соль, свинцовый блеск и др.). Некоторые минералы с совершенной спайностью по отдельным направлениям могут давать изломы, не обнаруживающие плоскостей спайности (например, раковистый излом в кальците). В скрытокристаллических агрегатах и минералах, характеризующихся несовершенной спайностью или её отсутствием, различают изломы занозистые (роговик, кремень), раковистые (кварц), землистые (мел, глина), шестоватые (например, агрегат призматических кристаллов актинолита и др.). Излом может служить одним из качественных признаков при диагностике минералов.

В большинстве минералов излом раковистый (т. е. напоминающий раковину). Если излом имеет иную форму (выделяется занозистый, землистый, зернистый, ровный излом), он является диагностическим признаком. Названия излома вполне отвечают внешнему виду поверхности:

– *крючковатый*;

– *раковистый* – визуально излом напоминает ракушку;

– *неровный* – чередующиеся поверхности различной формы и размеров. Он характерен для минералов с несовершенной спайностью.

Пример: апатит:

– *зернистый*;

– *оскольчатый*;

– *эластичный*;

– *ступенчатый* – раскол происходит частично по спайности (ортоклаз), он характерен для полевых шпатов;

– *занозистый* (волокнустый) – для игольчатых, столбчатых форм.

Пример: амфиболы:

– *шероховатый*;

– *рыхлый*;

– *землистый* – напоминает рыхлую почву.

Пример: каолинит, глауконит:

– *волокнустый*.

#### 4.5. Спайность

**Спайность** называется способность минералов раскалываться по плоскостям. Это свойство проявляется в направлениях, параллельных тем, в которых в кристаллической решетке существуют наименьшие силы сцепления между частицами.

В зависимости от того, насколько резко выражена спайность, выделяют следующие ее степени:

– *весьма совершенная* спайность – способность минерала очень легко расщепляться на отдельные пластинки с гладкими блестящими параллельными поверхностями – плоскостями спайности. Наиболее типичный пример – слюды;

– *совершенная* спайность выражается в том, что при ударе молотком минерал легко раскалывается по ровным параллельным плоскостям. Такой спайностью обладает кальцит и др.;

– *средняя* спайность выделяется в тех случаях, когда минерал при ударе одинаково часто раскалывается по плоскостям спайности и с образованием неровных изломов. Такая спайность наблюдается иногда у полевых шпатов;

– *несовершенная* спайность выражается в появлении на общем фоне неровного излома редких участков сколов по плоскостям спайности. У минералов с несовершенной спайностью при макроскопическом изучении изломов плоскостей спайности заметить почти не удастся. К ним относится, например, апатит;

– *весьма несовершенная* спайность представляет собой практически отсутствие спайности. Излом минералов, обладающих весьма несовершенной спайностью, всегда или неров-

ный, или, часто, раковистый. Весьма несовершенную спайность имеет один из наиболее распространенных минералов – кварц. При макроскопическом изучении различать несовершенную спайность и весьма несовершенную спайность не удастся, и в этом случае ограничиваются общим определением – несовершенная спайность.

#### 4.6. Твердость

Под твердостью понимают степень сопротивления минерала внешним механическим воздействиям (царапанию, резанию, истиранию). В минералогии твердость устанавливается обычно путем царапания минералов предметами, твердость которых является известной и принята за эталон. Для определения твердости принята шкала Мооса. Эталонами шкалы являются следующие минералы, расположенные в порядке увеличения твердости:

Тальк 1	Ортоклаз 6
Гипс 2	Кварц 7
Кальцит 3	Топаз 8
Флюорит 4	Корунд 9
Апатит 5	Алмаз 10

Твердость минералов в шкале Мооса условна, и при определении другими методами могут быть получены иные значения.

При определении твердости минерала чертят на его свежей поверхности острым углом минерала-эталона из шкалы твердости. Можно определить относительную твердость, царапая другими подручными средствами: ногтем (1–2), гвоздем (3–4), стеклом (5), острием стального ножа (6). Минералами с твердостью (6–7) можно царапать стекло, а с твердостью (8–10) резать его. Точное определение твердости получают с помощью специальных приборов – твердометров.

Для определения твердости любого исследуемого минерала на его поверхности выбирают гладкую площадку и, нажимая, проводят по ней острым углом минерала на шкале твердости. Если на исследуемом минерале остается царапина, то его твердость будет меньше, чем у царапавшего минерала; если царапина отсутствует, то твердость первого больше. Это испытание проводят до тех пор, пока исследуемый материал не встанет в интервале между двумя минералами из шкалы твердости, т. е. твердость его не определится как промежуточная между ними или как равная одному из них.

Если образцов шкалы Мооса под руками нет, можно воспользоваться менее точным, но также достаточно надежным способом определения твердости минерала по следующей шкале:

Графит и мягкий карандаш	– 1
Ноготь	2–2,5
Медная монета	2,5–3
Железный гвоздь	4
Стекло	5
Стальной нож, игла	5
Напильник	7

Минералы с твердостью менее 3 и выше встречаются очень редко. В полевой практике принято делить все минералы по твердости на четыре группы:

Мягкие (с твердостью до 3)	царапаются ногтем
Средней твердости (с твердостью от 3 до 5)	не царапаются ногтем и не оставляют царапины на стекле
Твердые (с твердостью 5–7)	не царапаются стеклом и не оставляют царапины на кварце, кремне, горном хрустале
Очень твердые (с твердостью выше 7)	оставляют царапину на горном хрустале

#### 4.7. Плотность

Для точного определения плотности необходимо иметь мерный сосуд, жидкость (воду) и лабораторные весы. Такое определение производится, как правило, в лабораторных условиях. При описании физических свойств для определения плотности наиболее широко распространенных породообразующих минералов достаточно бывает установить относительную плотность (приблизженно), что и достигается путем «взвешивания» минерала на ладони. Этот способ позволяет распределить минералы на три группы: легкие, с плотностью до 2,5 (гипс, нефелин, сера, галит, нефть, каменный уголь, графит, опал); средние, с плотностью от 2,5 до 4 (кальцит, кварц, полевые шпаты, слюда, доломит, сидерит, флюорит, корунд, сфалерит, лимонит, магнезит, ангидрид, фосфор, роговая обманка, хлорит); тяжелые, с плотностью выше 4 (барит, рудные минералы железа, меди и свинца). Затруднения в определении удельного веса возникают в том случае, если исследуемый минерал представлен порошком или небольшим образцом, или же находится в форме вкраплений в породе. В этом случае нужно иметь в виду, что почти все прозрачные и молочно-белые минералы имеют плотность меньше 3, а минералы с металлическим блеском и железосодержащие являются тяжелыми.

#### 4.8. Магнитность

Это свойство присуще некоторым железосодержащим минералам; выражается в том, что минерал отклоняет магнитную стрелку, а мелкие частицы его притягиваются магнитом (магнитным железняком, магнетитом, магнитным колчеданом и т. д.).

#### 4.9. Побежалость

Отдельные минералы покрываются по поверхности тонкой радужной пленкой. При этом цвет пленки всегда отличается от цвета минералов. Побежалость выражается очень сложным сочетанием сине-голубого, красноватого и фиолетового цветов. Она присуща только некоторым минералам, содержащим медь и железо, таким, как гематит – железный блеск, халькопирит – золотистый блеск.

#### 4.10. Вкус

Отдельные минералы легко растворяются в воде и при опробовании вызывают различные вкусовые ощущения. Так, галит вызывает соленый вкус, сильвин – горько-соленый, карналлит – горький, медный купорос – вяжущий, селитра – жгучий и т. д.

#### 4.11. Вскипания

Вскипание проявляется у отдельных минералов из группы карбонатов от действия **соляной кислоты**. Реакцию на вскипание проводят обычно разбавленным (5–10 %) раствором соляной кислоты. Некоторые минералы начинают разлагаться в кусках при действии холодной соляной кислоты (кальцит, сидерит), другие реагируют с соляной кислотой лишь в порошке (доломит), третьи вступают с реакцией только с согретой соляной кислотой (магнезит). Вскипание определяется капанием из пипетки на минерал 5–10 %-м раствором соляной кислоты.

## 5. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Классификация минералов основывается на учете их химического состава (породообразующие в тексте отмечены звездочкой). Описываемые здесь минералы относятся к следующим химическим классам: 1) самородные элементы; 2) сульфиды – соединения металлов с серой; 3) соли галоидных кислот; 4) окислы и гидраты окисей; 5) соли угольной кислоты – карбонаты; 6) соли фосфорных кислот – фосфаты; 7) соли серной кислоты – сульфаты; 8) соли кремниевых кислот (гипотетические) – силикаты и алюмосиликаты; 9) органические соединения.

### 5.1. Самородные элементы

К классу самородных элементов относится сравнительно небольшое количество минералов: алмаз, графит, сера, медь и некоторые другие элементы. Эти минералы не имеют широкого распространения и не являются породообразующими. Они возникают в различных геологических условиях, и часть их характеризуется высокой устойчивостью в природных условиях. Каждый из самородных минералов состоит из одного химического элемента. В класс *самородных элементов* входят минералы, состоящие из одного химического элемента. В самородном виде встречаются углерод (графит), сера, золото, платина, серебро, медь, осмий, иридий, палладий, благородные газы, железо (в метеоритах).

**Графит (С)** встречается чаще в виде мелкочешуйчатых агрегатов, реже в виде мелких, таблитчатых шестиугольных кристаллов. Спайность в одном направлении. Листочки толстые, легко ломающиеся. Твердость 1, удельный вес 2,2. Цвет темно-серый до черного, черта темно-серая до черной, блестящая. Блеск металловидный, реже матовый. На ощупь жирный, пачкает руки, на бумаге оставляет черту (отсюда и название минерала от греч. графо – пишу). Образуется при воздействии магмы на карбонатные породы, а также благодаря диссоциации  $\text{CaCO}_3$  и миграции органического вещества. Встречается графит в метаморфических породах. Аморфная разновидность графита, образовавшаяся при метаморфизме каменных углей, называется *шунгитом*. Используется графит главным образом для изготовления карандашей, электродов, огнеупорной посуды и смазки трущихся деталей в тех случаях, когда вследствие высокого нагрева нельзя применять масла.

**Сера (S)**. Кристаллы имеют вид усеченных дипирамид, сросшихся основаниями. Чаще сера встречается в виде натечных форм и землистых порошковидных масс. Цвет желтый, бурый, черный (от включений битумов). Черта светло-желтая. Блеск на изломе жирный, матовый, на гранях алмазный. Спайность несовершенная. Излом раковистый, землистый. Твердость 1,5–2,5. Просвечивает. Удельный вес 1,0–2,1. При трении электризуется. Сера легко плавится и при 270 °С горит синим пламенем, выделяя сернистый газ. Она может образовываться путем восстановления гипса при наличии бактерий, при окислении сульфидов, распаде серноокислых и сероводородных соединений, при вулканическом извержении. Сера используется для получения серной кислоты, красок, широко применяется в резиновой и текстильной промышленности, для борьбы с вредителями сельского хозяйства.

### 5.2. Класс сульфидов

К этому классу относятся свыше 200 минералов, но по весу они составляют, согласно подсчетам В.И. Вернадского, не более 0,15 % от веса земной коры, т. е. по распространенности минералы класса сульфидов, подобно классу самородных, занимают одно из последних мест и не являются породообразующими. Вместе с тем многие из этих минералов имеют большое практическое значение как важнейшие руды на свинец (галенит –  $\text{PbS}$ ), цинк (сфалерит –  $\text{ZnS}$ ), ртуть (киноварь), молибден (молибденит –  $\text{MoS}_2$ ) и т. п. Минералы представляют собой соединение различных элементов с серой. Происхождение сульфидов связано главным образом горячими во-



дами (гидротермальное), в меньшей степени – с застыванием магмы и с холодными растворами (при участии бактерий).

**Пирит (железный, или серный, колчедан –  $\text{FeS}_2$ )**. Мелкие кристаллы его встречаются довольно часто и имеют форму куба, на гранях которого заметна параллельная граням штриховка. Уникальный по своим размерам кристалл пирита был найден сотрудниками АН КазССР в 1965 г. в жильной породе (грейзен). Вес кристалла 15 кг, длина ребра 25 см. Чаще пирит встречается в виде мелкозернистых и плотных агрегатов, конкреций. Непрозрачен. Цвет золотисто-желтый. Черта зеленовато-черная. Блеск металлический. Спайность весьма несовершенная, излом неровный или раковистый. Твердость 6–6,6. Удельный вес 5. Пирит может быть метаморфического, магматического, гидротермального и осадочного происхождения. В зоне окисления пирит неустойчив и переходит в лимонит. Используется для получения серной кислоты, а огарки – в качестве железной руды.

**Галенит (свинцовый блеск –  $\text{PbS}$ )** встречается в виде зернистых, реже плотных масс. Кристаллы имеют форму куба, октаэдра и др. Цвет свинцово-серый. Черта серовато-черная, блестящая. Непрозрачен. Блеск металлический. Спайность совершенная по кубу. Твердость 2,5. Удельный вес 7,5. Происхождение гидротермальное, метаморфическое. Часто встречается в парагенезисе с пиритом и сфалеритом. Галенит – руда на свинец.

### 5.3. Класс галоидных (галогенных) соединений

К этому классу относится около 100 минералов, являющихся солями галоидно-водородных кислот ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ). Наибольшее распространение из них имеют соединения хлористой кислоты.

**Галит (каменная соль –  $\text{NaCl}$ )** – самый распространенный минерал этого класса. Встречается в виде кристаллических агрегатов, реже отдельных кристаллов кубической формы. Цвет бесцветный или белый, есть окрашенные разновидности (красный, синий, желтоватый, серый). Черта белая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная в трех направлениях, параллельных граням куба. Твердость 2. Прозрачный или просвечивает. Удельный вес 2,15. Хрупок. Легко растворим в воде. Вкус соленый. Залегает в виде пластов среди других осадочных горных пород. Используется в пищевой и химической промышленности (для получения едкого натра, соды, гипохлорита, хлоратов и т. п.). Галит осаждается на дне соленых озер (самоосадочная соль). Им бывают насыщены подземные воды (в Славяно-Бахмутском районе, на Украине, около городов Балахна и Усолье и в других местах). Последние специально выпариваются летом или вымораживаются зимой. Галит, хотя и редко, но образуется при возгоне вулканических газов.

**Сильвин ( $\text{KCl}$ )** образуется в тех же условиях, что и галит, давая местами с последним зернистые сростания. По физическим свойствам сходен с галитом. Отличительным признаком его являются горько-соленый вкус, более ярко-красная и синяя окраски, обусловленные механическими примесями  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и других веществ, более быстрая растворимость (это используют при их разделении). Применяется сильвин как сырье для калийных удобрений, при производстве мыла, взрывчатых веществ, для очистки тканей и т. п.

### 5.4. Класс окислов и гидроокислов

К этому классу относятся минералы, представляющие собой соединения различных элементов с кислородом или гидроксильной группой. По количеству входящих в класс минералов он стоит на одном из первых мест, по весу на долю минералов этого класса падает около 17 % массы литосферы. Класс делится на две группы. В первую входят окислы и гидроокислы кремния, во вторую – окислы и гидроокислы металлов (железа, марганца, хрома, алюминия). Большое число минералов второй группы является важным сырьем для получения металлов. Многие минералы этого класса образуются за счет окисления других, образо-

вавшихся на больших глубинах и попавших по той или иной причине в зону окисления земной коры, где они оказались неустойчивыми. Например, лимонит может образоваться за счет окисления магнетита и гематита. Окислы и гидроокислы образуются также при магматических, пегматитовых и гидротермальных процессах.

**Кварц ( $\text{SiO}_2$ )** часто относят к силикатам, так как его структурная решетка такая же, как и у всех силикатов. На долю кварца приходится более 12 % массы земной коры. Встречается он в виде зернистых агрегатов и реже образует хорошие кристаллы и их сростки. Кристаллы имеют форму шестигранной призмы, оканчивающейся с одного или обоих концов шестигранными пирамидами. Грани призмы часто покрыты тонкой поперечной штриховкой. Кристаллы кварца иногда достигают большого размера (до метра и даже единиц метров в длину). Цвет его разнообразен. Бесцветная прозрачная разновидность кварца называется *горным хрусталем*, сероватая – *дымчатым кварцем*, фиолетовая – *аметистом*, черная – *марионом*. Встречается бледно-розовый и зеленый (*празем*), золотистый или красно-бурый с характерным металлоподобным отливом (*авантюрин*), широко распространен молочно-белый кварц. Блеск на гранях кристалла стеклянный, на изломе – жирный. Спайность весьма несовершенная. Излом раковистый или неровный. Твердость 7, удельный вес 2,6. Растворяется только во фтористоводородной кислоте. Кварц выделяется из застывшей магмы, из горячих растворов, образуется также при пегматитовых и метаморфических процессах.

Кварц применяется в радиотехнике, медицине и оптике (пьезокварц), ювелирном деле. Кварцевые пески используются для получения стекла.

**Халцедон ( $\text{SiO}_2$ )** – скрытокристаллическая разновидность кремнезема, встречающаяся в виде плотных масс или натечных почковидных форм. Халцедон, загрязненный глинистыми частицами, называется кремнием. Цвет халцедона различный – серый, голубоватый (*сапфириин*), оранжевый (*сердолик*), цвет кремния – от почти белого до желтого, темно-красного и черного, полосчатая ярко окрашенная разновидность халцедона называется *агатом*. Блеск слабожирный, матовый. Просвечивает по краю (кремень – только по очень тонкому). Излом раковистый. Твердость 6–7. Удельный вес 2,4–2,5. В средние века кремни использовались в качестве огнива в кремневых ружьях. Халцедон и агат применяются в ювелирном деле, а последний, кроме того, – в точной механике.

**Опал ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )** – аморфный минерал. Содержание воды в нем меняется от 1 до 5 %, реже до 34 %. Встречается обычно в виде плотных натечных масс. Цвет желтоватый, оранжевый, красноватый, черный. Молочно-белый опал с красивой голубоватой игрой цветов называется «благородным опалом», игру цвета называют опалесценцией. Просвечивает только по краю. Блеск слабостеклянный, слабожирный. Излом раковистый, неровный. Твердость 5,5, удельный вес 1,9–2,3. При нагревании в пробирке выделяет воду, благодаря чему его можно легко отличить от халцедона. Образуется опал в зоне выветривания земной коры в результате распада других минералов, содержащих кремнезем, и осаждения в поверхностных водах. Известно и выделение опала из горячих источников и гейзеров в виде кремнистого осадка натечной формы – гейзерита. Опал возникает и в результате жизнедеятельности организмов. Опал благородный используется как драгоценный камень.

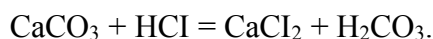
**Гематит (железный блеск –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )** встречается обычно в виде мелкокристаллических, чешуйчатых или листоватых скоплений (железной слюдки), в виде желваков радиально-лучистого или скорлуповатого строения и скрытокристаллических масс (красный железняк), реже в виде кристаллов ромбоэдрического строения. Цвет от железно-черного у кристаллических разновидностей до темно-красного и красного у плотных скрытокристаллических. Цвет черты красновато-бурый, вишнево-красный. Блеск металлический, матовый. Твердость – 5,5–6 (у скрытокристаллических масс). Спайность несовершенная, излом раковистый. Непрозрачен. Удельный вес – 5,2. Образуется при гидротермальных, метаморфических процессах, при дегидратации гидроокислов железа, в море. Гематит является важной рудой на железо.

**Магнетит (магнитный железняк –  $\text{FeO} \cdot \text{FeO}_3$ )** встречается в виде зернистых масс, реже в виде правильных восьмигранников, включенных в породу. Цвет железно-черный, черта черная. Блеск металлический. Твердость 5,5–6,0. Удельный вес 5,5–5,0. Магнетит притягивает иглу, изменяет положение магнитной стрелки компаса. Образуется при застывании магмы основного состава, из горячих растворов и при процессах метаморфизации, является важнейшей рудой на железо.

**Лимонит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )** относится к гидроокислам железа. Встречается в виде горошин, лепешек, нередко в виде землистых разностей и натечных масс. Цвет ржаво-бурый, темно-коричневый, светло-желтый и красно-бурый, обусловлен различным, часто изменяющимся количеством воды в минерале. Черта желто-бурая. Твердость 1–5. Удельный вес 3,3–4. Образуется за счет выветривания железосодержащих минералов и пород, в результате жизнедеятельности микроорганизмов, а также при выпадении в виде осадков в поверхностных водах. Лимонит – руда на железо.

### 5.5. Класс карбонатов

Минералы класса карбонатов встречаются в природе очень часто и широко распространены преимущественно в верхней части литосферы. Минералы этого класса – соли угольной кислоты. Они характеризуются рядом присущих им особенностей: имеют невысокую твердость, обычно не более 5, высокое двупреломление и реагируют с соляной кислотой – «вскипают». При действии 5–10-процентным раствором соляной кислоты реакция идет следующим образом:



Интенсивность реакции у разных минералов различная и зависит от степени измельчения минерала и температуры соляной кислоты. Карбонаты легко различаются по интенсивности этой реакции. Среди минералов этого класса можно выделить безводные и водные карбонаты. Наиболее распространенными из них являются безводные – кальцит, доломит, магнезит, сидерит и водные – малахит. К карбонатам относится 80 минералов, составляющих до 7 % массы земной коры.

Многие из них являются породообразующими минералами осадочных и метаморфических пород, ценными рудами на железо, цинк, свинец, медь.

**Кальцит (известковый шпат –  $\text{CaCO}_3$ )** – наиболее распространенный минерал класса карбонатов. Он слагает целиком такие породы, как известняки, мел и мрамор. Встречается в виде друз, отдельных кристаллов и зернистых агрегатов. Кальцит осаждается из поверхностных и подземных вод, из горячих растворов, образуется при процессах метаморфизма. Бесцветный, белый; примесями минерал может быть окрашен в желтые, серые, розоватые, голубоватые тона. Бесцветная, прозрачная, обладающая свойством двойного лучепреломления разновидность кальцита называется исландским шпатом. Цвет черты белый. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Спайность совершенная в трех направлениях параллельно граням ромбоэдра. Твердость 3. Прозрачный или просвечивающий. Удельный вес 2,6. Бурно реагирует с соляной кислотой в куске. При нагревании из кальцита выделяется углекислый газ и остается окись кальция ( $\text{CaO}$ ), известная под названием негашеной извести. Прибавление воды переводит последнюю в гашеную  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ . Кальцит широко используется в строительстве, в химической (получение соды) и металлургической (в качестве флюса) промышленности. Исландский шпат широко применяется в оптических, поляризационных приборах и установках. Оптический кальцит добывается в Восточной Сибири. Разновидностью кальцита является арагонит ( $\text{CaCO}_3$ ), имеющий иное внутреннее строение. Он образует часто плотные натечные массы, реже оолитовые скопления и игольчатые кристаллы. Осаждается из вод горячих источников, слагает раковины. От кальцита отличается несколько большей твердостью – 3,3–4,0, слабо выраженной спайностью.

**Доломит ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )** встречается чаще в виде зернистых агрегатов, слагающих слои значительной мощности. Доломит бесцветен, при наличии примесей бывает серым, желтым, красным, бурым и черным. Цвет черты белый. Твердость 3,5–4. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по ромбоэдру. Удельный вес 2,8–2,9. С соляной кислотой реагирует в порошке. Образуется доломит в основном путем выпадения осадка в водных бассейнах, гидротермальным путем, частично в процессе метасоматоза (замещения кальция магнием) известняков. Применяется как флюс и огнеупор в металлургической промышленности и как строительный материал.

**Сидерит (железный шпат –  $\text{FeCO}_3$ )** встречается в виде сплошных масс кристаллического сложения или разнообразных натечных, лучисто-шаровых и прочих форм. Спайность совершенная. Цвет буровато-желтый, серовато-бурый и коричневатобурый. Черта буроватая. Твердость 3,5–4,5. Блеск стеклянный. Удельный вес 3,9. Вскипает с соляной кислотой в нагретом виде.

Образуется при гидротермальных и метаморфических процессах, при метасоматозе. В зоне окисления сидериты переходят в лимониты. Сидерит – руда на железо.

## 5.6. Класс фосфатов

К этому классу относится небольшое количество минералов, представляющих собой соединения ортофосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Эти минералы играют важную роль как породообразующие и имеют большое значение для сельского хозяйства, где они используются в качестве удобрений. Из многочисленных представителей фосфатов и родственных им минералов (арсенатов, ванадатов) наибольшее практическое значение имеют апатит и загрязненная глинистыми и песчаными частицами его разновидность – фосфорит. Для минералов этого класса характерно сравнительно слабое распространение: они составляют не более 0,1 % массы земной коры.

**Апатит  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{P}, \text{Cl}, \text{OH})$**  встречается в виде мелкозернистых масс, реже в виде отдельных кристаллов, имеющих форму шестигранных призм с дипирамидами, иногда усеченными. Размер кристаллов от микроскопических до огромных (весом в 50 кг). Цвет белый, черный, бледно-зеленый, зеленовато-голубой, желтоватый. Черта светлая. Спайность несовершенная. Излом неровный. Твердость 5. Блеск на гранях стеклянный, на изломе – жирный. Удельный вес 3,2. Образуется чаще магматическим путем при внедрении щелочных магм. Применяется как сырье для получения фосфора и фосфорных удобрений (суперфосфаты после обработки серной кислотой).

**Фосфорит ( $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl})$ ) с примесью  $\text{CaCO}_3$ .** Встречается в виде плотных желваков в осадочных толщах, в виде конкреций с радиально-лучистой или скрытокристаллической структурой, в виде псевдоморфоз по органическим остаткам (раковины, кости, обломки древесины), а иногда в виде гнезд и пластов среди известняков, глин и песчаников. Фосфорит часто цементирует песчаный материал, а иногда кремневидные и глиноподобные массы. Цвет темно-коричневый, буровато-серый и желто-бурый. Для фосфорита характерен запах жженой кости, выделяющийся при трении двух его обломков друг о друга. Легко растворяется при нагревании в соляной и азотной кислотах. Генезис осадочный, химический и биогенный. Чаще он образуется на дне морей в участках, где скапливается большое количество органических остатков и где в еще разжиженных осадках моря, в илах образуются фосфоритные конкреции. Применяется для получения суперфосфата.

## 5.7. Класс сульфатов

Минералы класса сульфатов представляют собой соли серной кислоты. Они пользуются большим распространением и часто встречаются в природе, однако число устойчивых и широко распространенных минералов этого класса сравнительно невелико. Минералы этого класса являются породообразующими минералами осадочных пород. Распространенность их, не-

смотря на многочисленность (свыше 250 минералов), небольшая, на их долю падает 0,1 % всей массы земной коры. Образуются они в основном в результате осаждения солей серной кислоты в лагунах и озерах и при окислении сульфидов. Это светлые, легкие, мягкие минералы, среди которых различают водные (мирабилит, гипс), безводные (ангидрит, барит) и содержащие гидроксил (алунит).

**Гипс (легкий шпат –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )** встречается в виде хорошо выраженных толсто- и тонкопластинчатых кристаллов. У гипса нередко двойниковые кристаллы («ласточкин хвост»). Чаще он встречается в виде листоватых, чешуйчатых и зернистых агрегатов. Гипс столбчатого строения носит название селенита, а мелкозернистые разновидности – алебаstra. Он бесцветен, белый. Примесями окрашивается в желтые, сероватые, голубоватые, розоватые тона, обладает весьма совершенной спайностью в одном направлении – у селенита параллельно столбикам. Листочки (иголочки) тонкие, хрупкие. Твердость гипса 2: легко чертится ногтем. Блеск стеклянный, у селенита – шелковистый. Удельный вес 2,3. При нагревании несколько выше 100 °С гипс теряет сначала одну молекулу воды, а при дальнейшем повышении температуры – и вторую. Гипс, потерявший одну молекулу воды, размалывают в муку, которая при прибавлении к ней воды превращается в тестоподобную массу и затвердевает. Гипс поэтому широко применяется в медицине (гипсовые повязки), в архитектуре, в скульптуре и т. д. Гипс имеет большое значение в химической, цементной и бумажной промышленности, используется для различных поделок.

**Ангидрит ( $\text{CaSO}_4$ )** встречается в виде плотных мелкозернистых масс, реже толсто-пластинчатых кристаллов. Цвет белый, иногда слабо окрашен в сероватые и голубоватые тона. Твердость 3–3,5. Блеск стеклянный. Прозрачен, чаще просвечивает. Спайность совершенная и средняя в двух направлениях под углом 90 °С. Удельный вес 3. Он отлагается при испарении морской воды (в лиманах, заливах) при температуре выше 42 °С (при более низкой температуре отлагается гипс). Ангидрит может образоваться и при обезвоживании (дегидратации) гипса. При нормальном давлении в присутствии воды ангидрит переходит в гипс, увеличивая свой объем на 30 %).

## 5.8. Класс силикатов и алюмосиликатов

Из всех известных в настоящее время минералов силикаты являются наиболее распространенными. Они составляют около 75 % вещественного состава земной коры. Ими образована большая часть изверженных, осадочных и метаморфических горных пород, многие из них являются ценным минеральным сырьем, без которого невозможно развитие многих отраслей современной промышленности и техники. Состав большинства силикатов является очень сложным. Приводится описание лишь наиболее распространенных силикатов. К этому классу относятся соли кремниевых и алюмокремниевых кислот (не существующих в чистом виде в природе). Они составляют около трети всех известных минералов. В весовом отношении на долю силикатов падает свыше 75 % (без сходного с ними по внутренней структуре кварца).

Все сложные силикаты представляют собой различные комбинации подобных тетраэдров. Кремнекислородные тетраэдры соединяются между собой только через вершины, т. е. два иона кремния соединяются между собой только одним ионом кислорода. В некоторых случаях часть ионов кремния может замещаться ионами алюминия. Подобные соединения носят название алюмосиликатов.

Силикаты по внутренней структуре разделяются на островные, цепные, поясные, листовые и каркасные.

Внутренняя структура силикатов отражается на облике кристаллов (габитусе) и на их физических свойствах.

**Островные силикаты.** Решетка их состоит из изолированных тетраэдров  $[\text{SiO}_4]$  или из групп изолированных тетраэдров. У них у каждого атома кислорода 4 свободные связи, поэтому радикал записывается как  $[\text{SiO}_4]^{-4}$  (у минерала оливина).

**Полевые шпаты.** Полевые шпаты являются наиболее распространенными минералами из группы силикатов, они образуют свыше 50 % вещественного состава земной коры (по весу), что составляет около 60 % массы изверженных пород; 30 % – метаморфических и 12 % осадочных. Главнейшими полевыми шпатами являются плагиоклазы – натриево-кальциевые и ортоклаз – калиевый полевой шпат.

**Хлориты.** Под названием «хлориты» объединяют несколько минералов близкого состава, представляющих собой изоморфный ряд соединений. Хлориты встречаются в виде плотных или чешуйчатых агрегатов темно-зеленого цвета (по-гречески хлорос – зеленый). Твердость 2–2,5. Блеск перламутровый, стеклянный. Спайность весьма совершенная в одном направлении; листочки не обладают упругостью. Удельный вес 2,7. Образование их связано главным образом с процессом метаморфизма основных и ультраосновных пород. *Серпентин* (змеевик) – встречается в виде плотных масс. Цвет от беловато-зеленого до черно-зеленого, причем окраска располагается полосами и пятнами, откуда и произошло название (серпентария с латинского – змеевидный). Блеск стеклянный, жирный. Спайность в одном направлении наблюдается у антигорита, дающего иногда хорошие кристаллы, и у *хризотиласбеста* – волокнистой разновидности змеевика. Твердость 2,5–4. Удельный вес 2,5–2,7. Цвет у хризотиласбеста белый, светло-зеленый, зеленовато-желтый. Блеск шелковистый. Твердость 2–3. Расщепляется на тончайшие эластичные волокна, длина которых от долей миллиметра до 20–40 см. Приурочен он обычно к трещинам, разбивающим змеевик. Волокна располагаются перпендикулярно к стенкам трещины. Образуются серпентин и его разновидности в результате действия гидротермальных растворов на оливинсодержащие горные породы (перидотит, дунит) и на карбонатные породы (серпентинизация). Серпентин широко распространен, асбест встречается реже. Последний применяется для изготовления огнестойких тканей, теплоизоляции и во многих других производствах.

**Плагиоклазы** объединяют большую группу минералов, представляющих собой изоморфную смесь в различных соотношениях *альбита* –  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  и *анортита* –  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ . В этом ряду за альбитом следуют такие наиболее распространенные для этой подгруппы минералы, как *олигоклаз*, затем *андезин*, *лабрадор* и *битовнит*, причем от олигоклаза к битовниту процентное содержание кальциевой составляющей (анортита) повышается, альбитовой – уменьшается. В зависимости от содержания анортита и альбита минералам плагиоклазового ряда даются номера, предложенные русским кристаллографом Е.С.Федоровым. Содержание кремнекислоты также от альбита к анортиту постепенно падает от 68,81 до 43,28 %. Плагиоклазы чаще встречаются в виде зернистых агрегатов, кристаллы их сравнительно редки. Для них характерны полисинтетические двойники, которые можно иногда заметить невооруженным глазом на поверхности плоскостей спайности минералов в виде тонкой параллельной штриховки, представляющей собой следы срастания кристаллов. По свойствам плагиоклазы мало отличаются от калиево-натриевых полевых шпатов и тем более друг от друга. Отличить макроскопически плагиоклаз от ортоклаза можно в некоторых случаях по цвету: для первых наиболее характерны светло-серые и зеленовато-серые цвета (для альбита и олигоклаза – белый), для вторых – белые, желтые, мясо-красные и розовые: по взаимному расположению плоскостей спайности (у плагиоклазов они располагаются под углом  $86^\circ 50'$ : плагиоклаз с греч. – косораскалывающийся); по наличию у плагиоклазов двойниковой штриховки; по изменению цвета при поворачивании (иризация). Иногда макроскопически невозможно отличить ортоклаз от плагиоклазов и приходится ограничиваться наименованием минерала как полевого шпата. Макроскопически из плагиоклазов сравнительно просто определяется лабрадор. Цвет его от темно-серого до черно-серого с синевато-фиолетовыми и зеленоваты-

ми оттенками (иризация). Он хорошо поддается обработке, и потому используется в качестве облицовочного материала. Минералы этой группы имеют то же каркасное строение и состоят из тех же химических элементов, что и полевые шпаты, но отличаются от них меньшим содержанием кремнекислоты и поэтому как бы замещают полевые шпаты в щелочных породах, образовавшихся из магмы, бедной кремнекислотой.

Кислотность плагиоклазов устанавливается по содержанию анортита. Кислые плагиоклазы содержат от 10 до 30 % анортита, средние – от 30 до 50 % и основные – более 50 % анортита.

**Ортоклазы** – калиевые алюмосиликаты ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ), по своему химическому составу относятся к кислым полевым шпатам.

**Оливин** ( $Mg, Fe$ ) $_2[SiO_4]$  – самый бедный кремнекислотой минерал группы силикатов. Встречается в виде зернистых агрегатов и реже в виде отдельных кристаллов, включенных в породу. Кристаллы короткостолбчатые или в виде толстых табличек. Бесцветный, черный, желтовато-зеленый, оливковый или бутыльно-зеленый. Прозрачная его разновидность известна под именем хризолита (полудрагоценный камень). Твердость 6,5–7. Блеск стеклянный, жирный. Спайность средняя, несовершенная. Излом неровный, у агрегатов – зернистый. Удельный вес 3,4. Оливин легко разлагается крепкими кислотами с выделением студнеобразного кремнезема. Образуется оливин при застывании магм, бедных кремнеземом и глиноземом. В парагенезисе с ним образуются платина, магнетит.

Применяется оливин для изготовления огнеупорных кирпичей, а хризолит – в ювелирном деле.

Цепные силикаты (пироксены) – тетраэдры – соединены в виде отдельных цепочек. Радикалы их –  $[Si_2O_6]_{\sim 4}$  или  $[Si_3O_9]_{\sim 6}$  (у минерала авгита).

Из минералов этой группы наиболее распространенным является авгит.

**Авгит.** Количественное соотношение входящих в него элементов изменяется. Чаще встречается в виде зернистых агрегатов. Кристаллы авгита имеют форму коротких восьмигранных столбиков. Цвет зеленовато-черный и черный. Спайность средняя или совершенная в двух направлениях под углом  $87^\circ$ . Твердость 5–6. Блеск стеклянный. Удельный вес 3,5.

**Поясные силикаты** представляют силикаты с непрерывными обособленными лентами или поясами из тетраэдров. Радикал их  $[Si_4O_n]_{\sim 6}$  (у амфиболов). Минералы группы амфиболов внешне отличаются от пироксенов резко выраженными удлиненными четырех- и шестигранными призмами, иногда волокнистым или игольчатым строением кристаллов. Типичным минералом этой группы является *роговая обманка*. Химический состав непостоянен. Встречается в виде волокнистых и плотных масс, в виде отдельных кристаллов. Цвет темно-зеленый, черный. Черта зеленая. Спайность совершенная в двух направлениях с углами между ними  $124^\circ$ ,  $56^\circ$ , в третьем направлении – занозистый излом. Твердость 5,5. Блеск стеклянный, по плоскостям спайности шелковистый. Удельный вес 3,1–3,3.

**Листовые силикаты** (слюды, тальк, глауконит, хлориты, серпентин, каолинит и многие другие). Они имеют тонколистовое строение внутренней решетки, в которой кремнекислородные слои связаны между собой посредством катионов. По направлениям расположения катионов происходит наиболее легкое раскалывание на тончайшие листы с образованием ровных плоскостей спайности, что обуславливает минералам этой подгруппы весьма совершенную спайность в одном направлении. Особенно тонкие листы образуются при расщеплении слюд. Кристаллы слюд имеют листоватую форму. Размер их от мельчайших чешуек до нескольких метров в поперечнике. Вес уникальных кристаллов достигает тысяч килограммов.

Среди слюд особенно широко распространены мусковит и биотит (слюды ныне умеют получать и искусственно).

**Мусковит.** Бесцветный, слабожелтый. Блеск стеклянный, перламутровый. Прозрачен. Спайность весьма совершенная в одном направлении, листочки упругие. Твердость 2–3.

Удельный вес 2,7. В Западную Европу этот минерал ввозился из Московского государства (залежи его на Урале разрабатывались еще в средние века); отсюда и название московит, или, искаженное, мусковит. Образовался при магматических и метаморфических процессах, крупные кристаллы встречаются в пегматитовых жилах. Применяется в электропромышленности, радиотехнике, приборостроении как диэлектрик; в виде порошка добавляется при приготовлении огнестойких материалов.

**Биотит.** Цвет бурый, черный. Просвечивает. Удельный вес 3,3–3,1. При выветривании черная слюда приобретает бронзовый оттенок. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Блеск стеклянный, перламутровый. Образовался при магматических и метаморфических процессах. Биотит широко применяется для приготовления жаростойких масс и бронзовой краски.

**Тальк.** Встречается в виде плотных масс, листоватых или чешуйчатых агрегатов, одиночные кристаллы редки. Цвет белый, светло-зеленый, голубовато-зеленый, серебристо-серый. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Листочки гибкие, но неупругие. На ощупь жирный. Твердость 1. Блеск перламутровый, в плотных агрегатах матовый. Удельный вес 2,8. Образуется при метаморфизации доломита и при действии гидротермальных растворов на богатые магнием оливиновые и пироксеновые породы. Применяется в кожевенной, бумажной, текстильной, парфюмерной промышленности, в электронной технике, для смазки (где масла малоприменимы) и как огнеупор.

**Глауконит.** Глауконит встречается в виде мелких округлых и неправильной формы зерен в слоях осадочных пород; встречаются также глауконитовые пески. Цвет зеленый до темно-зеленого. Блеск матовый. Твердость 2–3. Удельный вес 2,2–2,8. Образуется в морях в местах холодных течений, при участии организмов. Применяется для смягчения воды, в приготовлении краски и в качестве удобрения.

**Каолинит.** Встречается в виде плотных порошковидных и землистых масс. Кристаллы очень мелкие и могут изучаться только микроскопическим путем. Бесцветный (кристаллы), белый. Блеск матовый. Твердость 1. Излом землистый. На ощупь жирный, в сухом состоянии легко поглощает влагу (прилипает к языку), намокая, становится пластичным. Удельный вес 2,6. Образуется на поверхности Земли при выветривании других силикатов и главным образом полевых шпатов, слюд и содержащих их пород: входит в состав глин, глинистых сланцев, мергелей. Применяется в строительном деле, бумажной, керамической и электроизоляционной промышленности, при изготовлении красок, бурении скважин, для получения алюминия. Каркасные силикаты очень разнообразны. Если каркас состоит только из кремнекислородных тетраэдров, он будет нейтрален, так как все валентности кислорода использованы на связь с кремнием, т. е. это кварц  $[\text{SiO}_2]$  (поэтому последний и относят к силикатам каркасной структуры). Разнообразие каркасных силикатов обусловлено тем, что во внутренней решетке этих минералов, помимо кремнекислородных тетраэдров, присутствуют и алюмокислородные. Здесь за счет замены четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием появляется одна свободная связь, благодаря чему в состав их могут войти катионы натрия или калия. Следовательно, радикал каркасных силикатов можно записать:  $[\text{Si}_n\text{Al}_m\text{O}_2(m+n)]_m$ . Алюминий, а иногда и железо замещают кремний и в других структурах силикатов.

Из минералов, обладающих каркасным строением, наибольшим распространением пользуется группа полевых шпатов. На их долю приходится свыше 55 % массы всех минералов литосферы. По химическому составу полевые шпаты делятся на две подгруппы: калиево-натриевые (ортоклаз, микроклин) и натриево-кальциевые (плагиоклазы).

**Ортоклаз  $\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ .** В некоторых разновидностях ионы калия замещены ионами натрия. Встречается в виде зернистых масс и кристаллов таблитчатой формы. Размер кристаллов от микроскопических до крупных (в несколько метров). Цвет белый, розовый, мясо-красный, светло-серый. Спайность в двух направлениях под углом в  $90^\circ$  (в одном – совер-



шенная, в другом – средняя); в третьем направлении – неровный излом. Твердость 6. Блеск стеклянный. Удельный вес 2,6. Происхождение магматическое, метаморфическое, осадочное. В зоне выветривания он каолинизируется. У ортоклаза много разновидностей, в том числе: 1) *санидин* – бесцветная разновидность ортоклаза; 2) *адуляр* – водопрозрачный (нежно-голубая его разновидность названа лунным камнем); 3) *микроклин* – незначительно отличается от ортоклаза строением структурной решетки (в переводе с греческого микроклин – незначительно отклоненный: угол между плоскостями спайности у него на 20° меньше прямого); по внешнему виду микроклин обычно не отличается от ортоклаза и может быть макроскопически выделен только в том случае, если окрашен в ярко-зеленый или голубовато-зеленый цвет (*амазонит*). Под микроскопом микроклин довольно легко отличается от ортоклаза.

Калиево-натриевые шпаты (главным образом микроклин) применяются в керамической и стеклянной промышленности, лунный камень и амазонит – в ювелирном деле.

**Плагиоклазы.** В ряду плагиоклазов по процентному содержанию анортитового компонента ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) выделяются следующие разновидности:

- 0–10 % – альбит;
- 10–30 % – олигоклаз;
- 30–50 % – андезин;
- 50–70 % – лабрадор;
- 70–90 % – битовнит;
- 90–100 % – анортит.

В этом ряду содержание  $\text{SiO}_2$  постепенно уменьшается от альбита к анортиту. По содержанию  $\text{SiO}_2$  плагиоклазы делятся на три группы: кислые (существенно натриевые), средние (натриево-кальциевые) и основные (существенно кальциевые) плагиоклазы.

**Альбит.** Распознается по белому цвету и формам выделения. Название его происходит от латинского слова «альбус» – белый. В магматических породах альбит без микроскопа неопределим.

**Лабрадор** – один из средних плагиоклазов. Полупрозрачный минерал от темно-серого до черного цвета. Выделяется характерным свойством иризации – переливающимися отсветами на плоскостях спайности в зеленых и синих тонах. Широко используется в строительстве как облицовочный материал.

**Фельдшпатиды.** Содержат меньше  $\text{SiO}_2$  и больше щелочей по сравнению с полевыми шпатами.

**Нефелин** ( $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ ). Сингония гексагональная. Кристаллы мелкие, призматические, образуют вкрапленники, а также сплошные сливные массы с жирным блеском – элеолит.

Бесцветный, серый, красноватый, зеленоватый. Блеск жирный. Спайности нет. Твердость 5,5. Плотность 2,6.

Происхождение – магматическое.

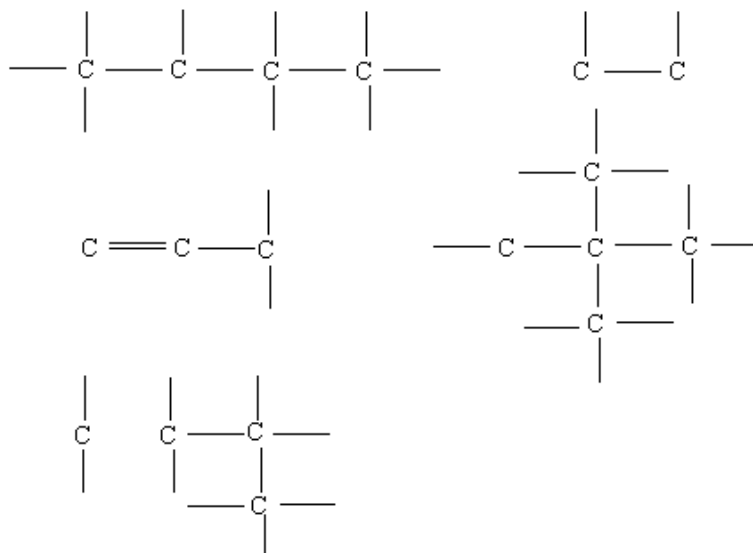
Применение. Руда на алюминий, используется в стекольной и фарфоровой промышленности.

## 5.9. Органические соединения

По происхождению они связаны с накоплением на поверхности Земли растительных и животных остатков и с последующим их изменением, чаще всего в условиях недостатка кислорода. Эти соединения нами выделены в особую группу осадочных пород – **кауштобиолитов**.

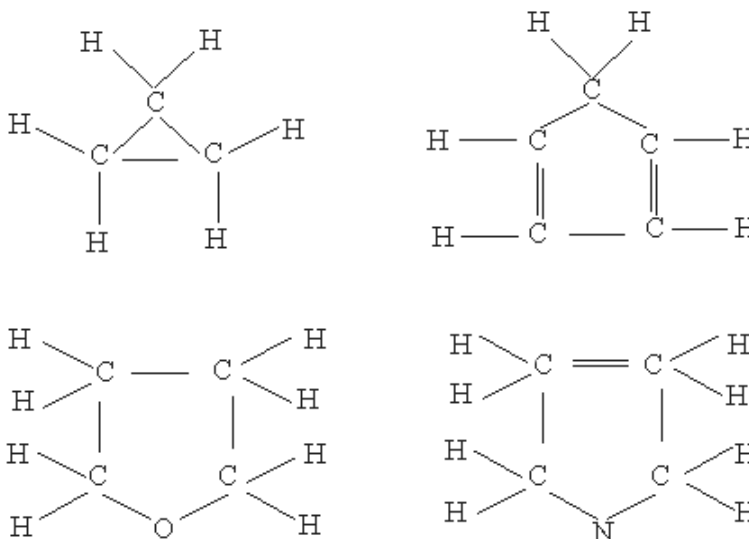
На основании теории химического строения все мономерные органические соединения разделяются на классы по нескольким основным признакам: а) по характеру связей между углеродными атомами, б) по строению углеродной цепи как основы молекулы; в) по функциональным группам.

Атомы углерода могут быть связаны между собой одной общей парой электронов (простая, или одинарная, связь), а также двумя или тремя общими парами электронов (кратные: двойные или тройные связи). Органические соединения, в молекулах которых все атомы углерода связаны только простыми связями, называются предельными (насыщенными). Если в соединении есть хотя бы одна кратная связь между углеродными атомами, оно называется непредельным (ненасыщенным).



По строению углеродной цепи органические соединения классифицируются на **ациклические** и **циклические**. Представители ациклических соединений имеют в своем составе открытую (незамкнутую в кольцо) неразветвленную или разветвленную углеродную цепь с простыми или кратными связями (пример см. выше).

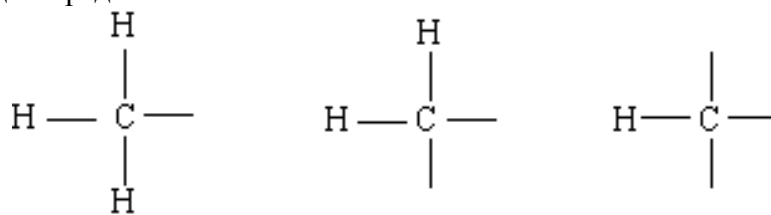
Циклические соединения имеют замкнутую в кольцо цепь атомов. Различают карбоциклические (имеющие в кольце только углеродные атомы) и гетероциклические (содержащие в кольце кроме углеродных еще и другие атомы – кислорода, серы, азота) соединения:



Молекулу любого органического вещества можно рассматривать как совокупность радикала и функциональной группы. Радикал – это довольно устойчивое сочетание атомов, во многих химических превращениях без изменения переходящее из молекулы в молекулу. Во время химических реакций на доли секунды могут образовываться свободные ра-

дикалы с незаполненными валентностями, но из-за высокой химической активности они очень быстро реагируют между собой или с другими атомными группами.

Примеры свободных радикалов:



## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

Из существующих методов определения минералов (оптический, химический и др.) благодаря простоте широкое применение в практике получил полевой метод (макроскопический), основанный на визуальном определении (на глаз) физических свойств минералов.

Для определения минералов макроскопическим методом применяется простейшее оборудование и реактивы: молоток, перочинный нож, лупа 7–10-кратного увеличения, стекло, склянка с 10 % раствором соляной кислоты.

С помощью молотка скалывают края образцов, чтобы получить свежий излом. Порядок определения физических свойств следующий:

Цвет.

Твердость.

Спайность.

Блеск.

Излом.

Например, для определения взят белый минерал. По цвету относят его к группе светлых минералов, в которую из числа породообразующих входят кварц, полевой шпат, кальцит, гипс, каолинит, белая слюда (мусковит). Затем определяют твердость минерала царапанием свежей его поверхности ножом. Если нож не царапает минерал, то твердость его более 5,5 и, следовательно, он должен быть отнесен к кварцу или светлому полевому шпату (ортоклазу).

Дальнейшее уточнение осуществляется определением спайности и характера излома. У кварца спайность отсутствует, у полевого шпата она совершенная; излом у кварца раковистый, у полевого шпата по спайности. Кроме того, для полевых шпатов характерен сильный стеклянный блеск. По цвету можно определить и разновидность полевого шпата. Для ортоклаза характерен розовый, мясо-красный, серый, реже белый цвет; для плагиоклаза – светло-серый и темно-серый.

Если нож царапает минерал, то твердость минерала ниже 5, и, следовательно, он может быть кальцитом, гипсом, мусковитом, каолинитом. Если царапание ногтем испытуемого минерала оставляет на ней след, то его твердость около 2.

Пусть испытуемый минерал волокнистый и имеет шелковистый блеск. От капли соляной кислоты он вскипает. Такой же результат получен и при действии соляной кислоты на порошок минерала. Нетрудно убедиться, что испытуемый минерал представляет собой волокнистый гипс. При наличии весьма совершенной спайности (минерал расщепляется на тонкие листочки) это мусковит. Если же испытуемый минерал вскипает от капли соляной кислоты, то это кальцит.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте характеристику важнейшим свойствам кристаллических веществ.
2. Что называется гранью, ребром и вершиной кристаллов?
3. Отличие кристаллических веществ от аморфных, назовите их.
4. Что такое сингония? Какие существуют сингонии?
5. Что называется минеральным агрегатом?
6. Какие существуют минеральные агрегаты?
7. По каким признакам классифицируют минералы?
8. Перечислите важнейшие физические свойства минералов.
9. Как определяют твердость минералов по шкале Мооса?
10. Какие плотности имеют минералы?
11. Какие минералы относятся к классу самородных элементов?
12. Какие минералы относятся к сульфидам? Их практическое значение.
13. Какую форму и спайность имеют кристаллы флюорита?
14. Какие признаки характерны для сильвина?
15. Что такое горный хрусталь, аметист, морион?
16. Перечислите оксиды и гидроксиды железа. Их практическое применение.
17. Какие физические свойства характерны для карбонатов?
18. Охарактеризуйте кальцит и доломит.
19. Каковы главные отличительные свойства барита? Его применение.
20. Охарактеризуйте ангидрит и гипс.
21. Дайте характеристику апатиту.
22. Какие признаки положены в основу классификации силикатов?
23. Для каких пород характерен оливин?
24. Какие вы знаете пироксены? Для каких пород они характерны?
25. В чем отличие пироксенов от амфиболов?
26. По каким признакам определяется тальк?
27. Что такое асбест? Его применение.
28. В чем отличие ортоклаза от микроклина?
29. Охарактеризуйте лабрадор.
30. Для каких пород характерен нефелин?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основная литература

1. *Гальперин, А.М.* Геология. Часть 4. Инженерная геология : учебник для вузов / А.М. Гальперин, В.С. Зайцев. – М. : МГУ, 2009. – 568 с.
2. Инженерная геология России. Т. 1. Грунты России / под ред. В.Т. Трофимова. – М. : КДУ, 2011. – 672 с.
3. *Белов, С.В.* Петрография магматических и метаморфических пород. Литология. – М. : МГУ, 2008. – 79 с.
4. *Петров, Т.Г.* R-Словарь-каталог химических составов минералов / Т.Г. Петров, Н.И. Краснова. – М. : Наука, Ленинградское отделение, 2010. – 152 с.
5. *Краснощекова, Л.А.* Породообразующие минералы и структуры кристаллических пород. – Томск : Изд-во ТПУ, 2010. – 84 с.

### Дополнительная литература

6. *Бетехтин, А.Г.* Минералогия / А.Г. Бетехтин. – М. : Госгеолтехиздат, 1961. – 956 с.
7. *Годлевский, М.Н.* Краткий курс кристаллографии / М.Н. Годлевский. – М.; Л. : ОНТИ, 1938. – 108 с.
8. *Горшков, Г.П.* Общая геология / Г.П. Горшков, А.Ф. Якушева. – М. : Изд-во МГУ, 1957. – 535 с.
9. *Ершов, В.В.* Основы геологии: учебник для вузов / В.В. Ершов, А.А. Новиков, Г.Б. Попова. – М. : Недра, 1986. – 310 с.
10. *Миловский, А.В.* Минералогия и петрография : учебник для техникумов / А.В. Миловский. – М. : Недра, 1985. – 432 с.
11. *Минералы* (справочник). Т. I. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – 295 с.
12. *Минералы* (справочник). Т. II. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 341 с.
13. *Пособие* к лабораторным занятиям по курсу общей геологии / В.Н. Павлинов, Д.С. Кизевальтер, К.М. Мельникова и [др.]. – М. : Недра, 1974. – 184 с.
14. *Смолянинов, Н.А.* Практическое руководство по минералогии / Н.А. Смолянинов. – М.: Недра, 1972. – 360 с.
15. *Чернышев, С.Н.* Задачи и упражнения по инженерной геологии: учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов / С.Н. Чернышев, И.Л. Ревелис, А.Н. Чумаченко. – М.: Высш. шк., 1984. – 207 с.

Породообразующие минералы

Класс (группа)	Название минерала	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты	Излом	Спайность	Форма кристаллов	Практическое значение	Плотность	Диагностические признаки	Происхождение
Спикаты островные	1. Топаз	$Al_2 [F, OH]_2 SiO_4$	8	Стеклянный	Бесцветный, голубоватый, желтый, розовый	Не дает	Неровный	Совершенная в одном направлении	Призматическая	Используется как драгоценный камень, абразивный материал в производстве точных приборов	3,3–3,6	От кварца отличается большей твердостью и более сильным блеском	Продукт кристаллизации кислой магмы в пегматитах и процессов метаморфизма
	2. Оливин (перидот)	$(Mg, Fe_2) SiO_4$	6,5–7	Стеклянный	Оливково-зеленый, бутылочный, прозрачный или провальный, свечящийся, бурый до черного	Не дает	Неровный	Средняя	Кристаллы редкие, обычно зерна	Прозрачные драгоценные разновидности (хризолиты) используются в ювелирном деле, в составе пород (дуниты) как огнеупорный и кислотоустойчивый материал	3,3–4	Характерный оливково-зеленый, зернистость	Магматического происхождения, входит в состав основных и ультраосновных пород
Спикаты колцевые	3. Гранат (альмандин)	$Fe_3 Al [SiO_4]_3$	7–7,5	Стеклянный, реже жирный	Темно-красный, реже буроватый	Не образует	Неровный раковистый	Несовершенная	Изометричные многогранные округлой формы	Употребляется как шлифовальный, абразивный камень	4,1–4,3	Изометрический облик кристаллов, окраска, высокая твердость	Метаморфического, реже магматического происхождения
	4. Турмалин	сложный бороаломосиликат	7–7,5	Стеклянный	Зеленый, розовый, бурый, черный, прозрачный	Не дает	Занозистый	Весьма несовершенная	Трехгранные призмы вытянутой шестогой формы с продольной штриховкой	Употребляется в радиотехнике, ювелирном деле	3–3,2	Изометрический облик кристаллов, окраска, высокая твердость	Образуется метаморфическим и реже магматическим путем
Спикаты цепочные	5. Авгит	$Ca (MgFe, Al) [(SiAl)O_6]$	6,5	Стеклянный	Зеленый, бурый, черный	Светло-зеленая	Неровный	Совершенная по граням призмы под углом 90°	Восьмиугольные призматические мелкие столбчатые кристаллы	Используется в составе горных пород	3,3–3,6	От роговой обманки отличается спайностью, твердостью и формой кристаллов	Входит в состав основных магматических пород (габбро и др.)
Спикаты ленточные	6. Роговая обманка	$(CaNa)_2 (Mg Fe^2, Fe^3, Al)_5 [F, OH]_2 [(Si, Al)_4 O_{11}]_2$	5,5–6	Шелковистый на плоскостях спайности	Серо-зеленый, темно-зеленый, черный	Зеленоватая или бурая	Занозистый	Совершенная в двух направлениях под углом 124°	Столбчатые или гексагональные, призматические, лучистые (актинолит)	Используются в составе горных пород	3,1–3,5	Форма кристаллов игольчатая, шестоватая, продольная штриховка	Магматического и метаморфического происхождения

Класс (группа)	Название минерала	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты	Излом	Слайность	Форма кристаллов	Практическое значение	Плотность	Диагностические признаки	Происхождение
Силикаты листовые	7. Тальк	$Mg_3(OH)_2 [Si_4O_{10}]$	1	Жирный на плоскостях спайности перламутровый	Белый, желтый, зеленоватый, голубоватый	Белая	Чешуйчатый	Весьма совершенная в одном направлении	Листовые и чешуйчатые	Употребляется в резиновой, бумажной промышленности, косметике, кислотоупорный и огнеупорный материал	2,7	Жирный на ощупь, очень мягок, листочки гибки, но упруги	Продукт метаморфизма магнетических пород
	8. Серпентин (волокнистая разностная горный лен, асбест)	$Mg_3(OH)_3 [Si_4O_{10}]$	3-4	Жирный, восковой, шелковистый	От светлого, зеленого, голубоватого до темного зеленого с желтыми пятнами	Белая, зеленоватая	Раковистый занозистый	Совершенная в одном направлении	Волокна, пластинки, мелкие зерна	Асбест употребляется для изготовления тканей, картона, прокладок	2,5-2,7	Серпентин (змеевик) отгибается по окраске, отсутствию спайности, асбест по волокнистому строению, шелковистому блеску	Продукт гидротермального метаморфизма ультраосновных магматических пород
	9. Каолинит (белая глина)	$Al_4(OH)_3 [Si_4O_{10}]$	1-2	Тусклый, матовый, жирный, в чешуйках перламутровый	Белый, слегка желтоватый или сероватый	Белая	Землистый	Весьма совершенная у пластинок	Кристаллы очень редки, обычно землелистые массы	Используется в керамике, строительном деле, бумажной промышленности как огнеупорный материал	2,6	Жирный на ощупь, мягкий, в воде набухает	Продукт гидротермальных изменений и выветривания полевых шпатов, глинистых сланцев и др.
	10. Мушкетит (белая калиевая слюда, тонкочешуйчатая разновидность (серцит))	$KAl_3(OH, F)_2 [AlSi_3O_{10}]$	2-3	Стекланый, перламутровый	Бесцветный, с желтоватым, розоватым, зеленоватым или серым оттенком	Белая	Чешуйчатый	Весьма совершенная в одном направлении	Таблитчатые пластинчатые кристаллы достигают больших размеров	Используется в качестве электроизоляционного материала и тугоплавкого вместо стекла	2,7-3,1	Расщепляется на тонкие упругие листочки и чешуйки, светлая окраска	Магматического или метаморфического происхождения
	11. Биотит (черная железомagneзальная слюда)	$K(MgFe)_3(OH, F)_2 [AlSi_3O_{10}]$	2-3	Стекланый, перламутровый	Черный или темно-зеленый, бурый	Белая или зеленоватая	Чешуйчатый	Весьма совершенная в одном направлении	Таблитчатые (гексагональной формы) пластинчатые	Электроизоляционный материал	3-3,1	Темная, зеленоватого-бурая окраска, расщепляется на упругие листочки	Породообразующий минерал магматического происхождения



Спикаты листовые	12. Хлорит	$(\text{FeMg})_3\text{Al}(\text{OH})_8[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	2-2,5	Стеклянный, перламутровый	Зеленый	Светло-зеленая	Чешуйчатый	Весьма совершенная в одном направлении	Таблички, чешуйки, кристаллические массы	Хлориты с высоким содержанием железа используются как железная руда	2,6-2,8	Расщепляется на угругие листочки зеленого цвета, низкая твердость	Метаморфического происхождения, образуется из биотита, авгита и роговой обманки
	13. Глаукозит (из группы гидрослюд)	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]\text{K}_2\text{O}$	2-3	Тусклый, стеклянный, жирный	Темно-зеленый до черного	Зеленая	Неровный	Совершенная	Мелкие (до 1 мм) зернышки и желвачки	Употребляется как смягчитель воды	2,2-2,8	Темно-зеленый цвет, зернистость	Осадочного (морского) происхождения
	14. Ортоклаз	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	6	Стеклянный	Белый, кремовый, голубовато-серый, розовый, зеленый	Белая	Ступенчатый	Совершенная в двух направлениях под углом 90°	Табличчатые, призматические	Бледно окрашенные разности при изменении фара и фаянса	2,6	Образует призматические сколы, высокая твердость, совершенная спайность	Входит в состав кислых и средних магматических пород, образуется при высокотемпературных гидротермальных процессах
Спикаты карасные	15. Микроклин (амазонит)	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	6	Стеклянный, перламутровый на гранях спайности	Кремовый, зеленовато-серый, розовый, зеленый	Светлая	Ступенчатый	Совершенная в двух направлениях под углом 90°	Табличчатые, призматические	Для производства фарфора, фаянса, амазонит используется как поделочный камень	2,6	От ортоклаза отличается по спайности (угол 90°)	Магматическое, метаморфическое
	16. Альбит (натриевый плагиоклаз)	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	6	Стеклянный	Белый, голубовато-белый	Белая	Неровный, ступенчатый	Совершенная в двух направлениях под углом 87°	Табличчатая в виде сросшихся пластинок	Промышленного значения не имеет	2,6	Белый цвет, иногда с тонкой штриховкой на плоскостях спайности	Магматическое, входит в состав сиенита, диорита, метаморфическое
	17. Анортит (кальциевый плагиоклаз)	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	6,5	Стеклянный	Серый, белый, голубоватый, желтоватый	Белая	Неровный, ступенчатый	Совершенная в двух направлениях	Табличчатые (встречаются редко)	В промышленности не применяется	2,7	Сходен с альбитом, отличается только в шлифах	Продукт кристаллизации магмы, содержится в габбро

Класс (группа)	Название минерала	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты	Излом	Спайность	Форма кристаллов	Практическое значение	Плотность	Диагностические признаки	Происхождение
Спикаты карканы	18. Лабрадор (известково-натриевый плагиоклаз)	Изоморфная смесь альбита (50–30%) и анорита (50–70%)	6	Стеклянный, перламутровый	Серый, темносерый, черный с голубыми и зеленоватыми переливами (ирризация)	Белая	Неровный, ступенчатый	Совершенная в двух направлениях	Табличатые с заметной штриховкой по плоскостям спайности	Употребляется как поделочный и облицовочный материал	2,7	Отличительный признак – иризация	Магматическое, входит в состав основных магматических пород
	19. Нефелин (элеолит, масляный камень)	Na [AlSiO <sub>4</sub> ]	6	Стеклянный на гранях, жирный на изломе	Серый, розовый, желто-бурый, бесцветные кристаллы	Не дает	Плоскоровчатый	Несовершенная	Мелкие призматические кристаллы, встречаются редко	Используется в стекольной и керамической промышленности, также для получения соды, глинозема, красок	2,7	От ортоклаза отличается жирным блеском и отсутствием спайности	Магматическое, входит в состав щелочных сиенитов
Окислы	20. Кварц (розовый, аметист, черный морин, прозрачный горный хрусталь)	SiO <sub>2</sub>	7	Стеклянный на гранях, жирный на изломе	Белый (молочный), дымчатый, розовый, черный	Не дает	Раковистый	Весьма несовершенная	Удлиненные призмы с пирамидальными вершинами	Прозрачные разновидности – в оптике, радиотехнике, ювелирном деле, массивные – в металлургии, стекольной и фарфоровой промышленности	2,6	Отличается характерной формой, высокой твердостью, отсутствием спайности	Магматическое и гидротермальное
	21. Халцедон	SiO <sub>2</sub>	6,5	Мутно-жирный, матовый	Светло-серый, голубоватый, желтоватый	Не дает	Раковистый	Спайности нет	Кристаллов не образуется, встречается в виде желваков	Полосчатые разновидности – агаты, применяются в ювелирном деле, точной механике и часовом производстве	2,6	От опала и флюорита отличается твердостью и окраской	Образуется при раскристаллизации гелей черной зема

Оксиды	22. Корунд (рубин, сапфир)	$Al_2O_3$	9	Стеклянный	Голубоватый, синий, серый, бурый	Не дает	Неровный	Несовершенная	Бочкообразные, пластинчатые, сплошные массы	В абразивной промышленности, прозрачные рубин и сапфир – драгоценные камни	3, 9–4	Высокая твердость (режет стекло)	В пегматитовых жилах, в метаморфических породах, в зонах контакта магмы с основными породами
	23. Гематит (бурый железняк)	$Fe_2O_3$	5,5	Металлический	От красно-бурого до желто-черного	Вишневая, бурая	Раковистый или землистый	Слайности нет	Чешуйки, таблички, розетки	Высококачественная железная руда	4, 9–5, 3	Вишневая красная и бурая черта	В результате дегидратации гидроксидов железа, встречается в метаморфических породах
	24. Магнетит (магнитный железняк)	$Fe_2O_3 \cdot Fe_2O$	5,5–6,5	Металлический	Железо-черный	Черная	Зернистый	Несовершенная	Октаэдры	Высококачественная железная руда	4, 9–5, 2	Обладает магнитностью, действует на стрелку компаса	Магматическое, метаморфическое и гидротермальное
Гидроксиды	25. Лимонит	$Fe_2O_3 \cdot n H_2O$	1–5	Магтовый, полуметаллический	Ржаво-желтый, бурый, темно-бурый	Желтоватая, бурая, ржавая	Землистый	Слайности нет	Кристаллов не образуется, встречается в виде землистых масс	Распространенная железная руда	3, 6–4	Ржаво-желтая черта	Накапливается в водоемах, болотах из растворов различных смесей солей железа при посредстве бактерий
	26. Опал	$SiO_2 \cdot n H_2O$	5,5–6,5	Жирный, тусклый, реже слабостеклянный	Белый, желтый, серый, синий, бурый, просвечивает	Не дает	Раковистый	Слайности нет	Кристаллов не дает, встречаются в виде аморфных масс	Благородный опал – поделочный камень	2, 2–2, 3	От халцедона отличается жирным блеском и меньшей твердостью	Образуется из водных растворов кремнезема
Сульфиды	27. Пирит (железный или серный колчедан)	$Fe S_2$	6–6,5	Сильный металлический	Соломенно-желтый, золотистый	Зеленоватая черная	Неровный раковистый	Несовершенная	Кубическая	Для производства серной кислоты	4, 9–5, 2	От халькопирита отличается цветом, формой кристаллов и штриховкой	Метаморфическое осадочное

Класс (группа)	Название минерала	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты	Излом	Спайность	Форма кристаллов	Практическое значение	Плотность	Диагностические признаки	Происхождение
Сульфиды	28. Маркизит	$Fe S_2$	6–6,5	Металлический, тусклый	Бледный, зелено-ватый, желтый	Зелено-ватая, серая	Неровный	Несовершенная	Радиально-лучистые, копьевидные	Для производства	4,5–4,9	От пирита отличается окраской, формой кристаллов	Осадочного происхождения, иногда гидротермального
	29. Халькопирит (мелкий колчедан)	$CuFeS_2$	2,5–4	Сильный металлический, иногда с радужной побелюстью	Латуно-желтый, зелено-ватый, золотистый	Зелено-ватая, черная	Неровный	Весьма совершенная	Тетраэдры (кристаллы редки)	Богатая медная руда	4,1–4,3	Характерна розовато-фиолетовая побелюсть, от пирита отличается меньшей твердостью	Выделяется при пневматолитовых и гидротермальных процессах
	30. Галенит (свинцовый блеск)	$PbS$	2,5–4	Сильный металлический.	Свинцово-серый	Черная	Неровный	Совершенная по кубу	Кубы, кубооктаэдры, мелкозернистые массы	Богатая свинцовая руда	7,5	Характерен сильный блеск	Выделяется при гидротермальных процессах
Сульфаты	31. Кингварь	$HgS$	2–2,5	Стеклянный до алмазного	Кармино-красный, иногда свинцово-серый	Черная	Неровный	Совершенная по призматическим	Ромбическая формы, двойники прорастания сплошные зернистые массы	Ртутная руда, красители	8–8,2	Отличается красным цветом, невысокой твердостью	Гидротермальное, осаждается из горячих водных растворов
	32. Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	Стеклянный, перламутровый, шелковистый у волокнистых разновидностей	Белый, розовый, желтый, серый прозрачный	Белая	Землистый, зернистый, занозистый	Весьма совершенная в одном направлении	Таблетчатые, пластинчатые, розетки	Используется в строительстве как вяжущее в растворах, в медицине, в скульптуре	2,3	Весьма совершенная спайность, низкая твердость, отсутствие реакций с $HCl$	Образуется химическим путем, встречается в осадочных породах
	33. Ангидрит (безводный гипс)	$CaSO_4$	3–3,5	Стеклянный, иногда с перламутровым отливом	Белый, сероватый, голубой, розовый	Белая	Землистый	Совершенная по трем направлениям	Мелкие таблетчатые формы	При изготовлении цементов, для мелкокрупчатых порошков	2,8–3	Не царапается, не реагирует с $HCl$ , в воде набухает и переходит в гипс	Образуется осадочным путем при дегидратации гипса

Фосфаты	34. Апатит	$\text{Ca}_5(\text{F},\text{Cl})(\text{PO}_4)_3$	5	Стеклянный на гранях, жирный на изломе	Бесцветный желтоватый, белый, синевато-зеленый и бурый и бурый	Белая	Неровный, раковистый	Несовершенная	Шестигранные призмы, реже таблитчатые	Применяется для производства фосфорных удобрений	3,2	Форма кристаллов, окраска, твердость	Образуется по контакту изверженных пород с известняками
	35. Фосфорит	$\text{Ca}_3(\text{F},\text{Cl})(\text{PO}_4)_3 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	5	Матовый	Бледно-желтый, серый, бурый	Серая слабая	Неровный, землистый	Слайности нет	Кристаллов не образует	Употребляется в производстве минеральных удобрений	3,2	Характерны желваки, конкреции радиально-лучистой формы	Биохимическое, содержится в осадочных породах
	36. Кальцит	$\text{CaCO}_3$	3	Стеклянный	Белый, серый, голубой прозрачный	Белая	Ступенчатый, неровный	Совершенная трех направлениях	Ромбоэдри и скаленоэдры	Применяется для производства извести, прозрачные разновидности (исландский шпат – в оптике)	2,7	Бурное взаимодействие с HCl совершенная спайность, малая твердость	Образуется при гидротермальных процессах, входит в состав осадочных и метаморфических пород
	37. Мазнезит	$\text{MgCO}_3$	3,5–4,5	Стеклянный, шелковистый, матовый	Белый, серый, желтоватый	Белая	Раковистый, землистый	Совершенная	Ромбоэдры	Огнеупорный строительный материал, порошок употребляется в медицине	3,4–3	Реагирует с нагретой HCl	Образуется при метаморфизме, гидротермальных процессах
	38. Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	3,5–4	Стеклянный, иногда перламутровый	Белый, желтый, серый	Белая	Неровный	Совершенная трех направлениях	Искривленные ромбоэдры	Употребляется как флюс в металлургии, стройматериал	2,8–2,9	Вскипает в порошок при взаимодействии с HCl	Продукт диagenеза известняков под действием магnezиальных растворов
Карbonаты	39. Сидерит	$\text{FeCO}_3$	3,5	Стеклянный, часто перламутровый	Серый, розоватый, желтый, бурый	Белая или желтоватая	Ступенчатый, неровный	Совершенная трех направлениях	Плоские и искривленные ромбоэдры	Ценная железная руда	3,7–3,9	Капля кислоты на сидерите желтеет, в нагретой HCl разлагается с шипением	Образуется осадочным путем, а также гидротермальным и метасоматическим

Класс (группа)	Название минерала	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты	Излом	Спайность	Форма кристаллов	Практическое значение	Плотность	Диагностические признаки	Происхождение
Сульфаты	40. Барит	BaSO <sub>4</sub>	2,5–3	Стеклянный, иногда перламутровый	Белый, розовый, бурый, красный, иногда бесцветный	Белая	Неровный	Совершенная в двух направлениях	Табличчатые и призматические, сплошные зернистые массы часто листового сложения	Применяется в красочной промышленности, наполнитель в резиновой и бумажной промышленности	4,3–4,6	Расстрескивается и закручивается в краях, тяжелый, окрашивает пламя в желто-ваго-зеленый цвет, не реагирует с HCl	Осадочное, гидротермальное, встречается в рудных и баритовых жилах
	41. Шеелит	CaWO <sub>4</sub>	4,5	Жирный	Белый, серый, бурый, желтый	Белая	Неровный	Средняя	Тетрагональные дипирамиды	Важнейшая вольфрамовая руда	5,9–6	Характерно нахождение в виде зернистой вкрапленности	Образуется в кварцах, кварцевых и полевошпатовых жилах
Галиты	42. Флюорит	Ca F <sub>2</sub>	4	Стеклянный	Фиолетовый, желтый, зеленый, розовый, серый	Белая	Неровный	Совершенная в четырех направлениях	Кубы, реже октаэдр	Используется для производства плавиковой кислоты, в металлургии, оптике	3–3,2	Отличается разнообразием окраски, спайностью, твердостью	Гидротермальное, реже встречается в пегматитовых жилах
	43. Галит (поваренная соль)	NaCl	2,5	Стеклянный, жирный	Белый, бесцветный, синий, невагый, розовый, серый	Белая	Неровный, ступенчатый	Весьма совершенная в трех направлениях	Кубическая	Употребляется в пищевой, химической и металлургической промышленности	2,1	Соленый вкус, весьма совершенная спайность	Лагуно-морской осадок, выцветы почв
	44. Сильвин	KCl	2	Стеклянный, жирный	Белый, розовый, красный	Белая	Ступенчатый	Весьма совершенная	Кубическая, зернистые массы, корочки	Химическая промышленность	2,1	Горько-соленый вкус	Осадочное в лагунах, морях
Самородные	45. Алмаз	C	10	Сильный, алмазный	Бесцветный, прозрачный, черный, голубой, желтый	Не обрывает	Неровный	Совершенная в четырех направлениях	Восьми- и двенадцатигранные (октаэдр, ромбодекаэдр и др.)	Употребляется в ювелирном деле, технике	3,5	Режет стекло, от кварца отличается сильным блеском и спайностью	Продукт кристаллизации ультраосновной и основной магмы в трубках взрыва

46. Графит	C	1	Полуметаллический, жирный	Стально-серый, до черного	Серовато-черная, блестящая	Мелкозернистый	Весьма совершенная в одном направлении	Гексагональные пластинки и листочки	Используется при изготовлении карандашей, правильных тиглей, электроприборов, смазки	2,2	Жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге	Образуется в изверженных породах при восстановительных реакциях, при метаморфизме каменных углей
47. Сера	S	1,5	Жирный	Желтый	Слабая, светло-желтая	Раковистый	Несовершенная	Усеченные тетраэдры, тетрагональные	В резиновой, химической промышленности, для отбеливания тканей в электротехнике, медицине	2	Мягкий, желтый и зеленовато-бурый цвет, при трении электризуется, горючий	Образуется в кратерах вулканов при возгонке сернистых газов, при распаде сернокислых соединений
48. Медь	Cu	2,5–3	Металлический	Медно-красный	Желто-красный	Раковистый	Несовершенная	Кубы, сростки кристаллов, желваки самородки	Применяется в электротехнической промышленности, машиностроении, кабельном производстве	8,5	Ковкая, медно-красная	Гидротермальное, поверхностное
49. Золото	Au	2,5–3	Металлический	Золотистый	Золотистый	Раковистый	Весьма несовершенная	Кристаллы очень редки, чаще в виде листочков, чешуек, дендритов, самородков	Медицина, радиотехника, ювелирная промышленность, денежный эквивалент, драгоценный металл	19	Тяжелое, ковкое, золотистого цвета, не растворяется в кислотах	Глубинное, чаще встречается в кварцевых жилах, поверхностное при разрушении пород, содержащих золото
50. Серебро	Ag	2,5–3	Металлический тусклый	Серебряно-белый	Серебристая	Раковистый	Весьма несовершенная	Кристаллизуется в кубической сингонии, ветвистые формы, самородки	Драгоценный металл, в радиотехнике, ювелирной промышленности	11	Серебряно-белый цвет, ковкое	Гидротермальное, в жилах кварца, барита, кальцита и на поверхности при размокании серебряных соединений

Самородные

*Учебное издание*

*Трофимова Галина Ивановна*

## **ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ**

Учебно-методическое пособие

Оригинал-макет подготовлен автором

Редактор Е.Ю. Глотова

Технический редактор Н.К. Чегошева

Подписано в печать 25.12.2013 г.

Формат 60×84/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 4,2. Уч.-изд. л. 3,3. Тираж 50 экз. Зак. № 15.

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.  
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.  
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.