

Министерство образования Российской Федерации
Ростовский государственный университет
Геолого-географический факультет

Ю.Н. Костюк, Е.М. Пушкарский, А.Н. Леднев

ПОСОБИЕ

для самостоятельной работы по курсу

«Общая геология»

(лабораторные занятия)

Часть 2

Главные породообразующие и рудные минералы

Для студентов 1 курса биолого-почвенного факультета.

Специальность: 013000 почвоведение

г. Ростов-на-дону

2003

Печатается по решению кафедры «Общей и исторической геологии»,
протокол № 3 от 30 января 2003 г.

Авторы: Ю.Н. Костюк, Е.М. Пушкарский, А.Н. Леднев

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой «Общей и исторической
геологии», доцент А.Г. Грановский.

Содержание

Введение	4
1. Самородные элементы	5
2. Сернистые соединения (сульфиды)	6
3. Галоидные соединения (галоиды)	7
4. Окислы и гидроокислы	7
5. Карбонаты	10
6. Сульфаты	11
7. Фосфаты	12
8. Силикаты	13
8.1. Островные силикаты	15
8.2. Кольцевые силикаты	16
8.3. Цепочечные и ленточные силикаты	16
8.4. Листовые (слоистые) силикаты	17
8.5. Каркасные силикаты	18
9. Контрольные вопросы	23
10. Литература	24
Приложение 1. Характеристика основных породообразующих и рудных минералов (несиликатные минералы)	25
Приложение 2. Характеристика основных породообразующих и рудных минералов (силикаты)	33
Приложение 3. Формы кристаллов минералов	42

Введение

Основной целью данного пособия является *формирование практических знаний о важнейших минералах земной коры и навыков их макроскопического определения.*

В соответствии с принятой классификацией в составе классов рассматриваются главные породообразующие и рудные минералы, определенные Программой практической части курса общей геологии.

При изложении учебного материала основное внимание уделено характеристике наиболее существенных, преимущественно диагностических черт форм и свойств минералов в целом, их происхождению и практическому значению. Конкретные сведения о минералах, имеющие преимущественно справочный характер, помещены в таблицу-определитель (Приложение 1, 2).

В конце пособия приводятся контрольные вопросы и список рекомендованной литературы, а также формы приводимых кристаллов минералов (Приложение 3).

1. Самородные элементы

В класс самородных элементов входит небольшое число минералов (около 45), представляющих собой отдельные химические элементы.

Все самородные элементы – очень редкие минералы. Суммарно они слагают не более 0,02% веса земной коры, однако именно в виде таких минералов они образуют промышленные скопления элементов, имеющих важное практическое значение. К ним относятся особо ценные элементы – металлы: золото, платина, серебро и др., для которых самородное состояние является наиболее характерным и элементы-неметаллы: минералы углерода – алмаз и графит, а также сера.

Для минералов этого класса очень характерны явления полиморфизма и образования твердых растворов. Последние наиболее типичны для самородных металлов (например, серебра в золоте, меди в золоте и др.).

Цвет минералов полностью определяется образующими их химическими элементами (золотисто-желтый, серебряно-белый и т.д.).

Самородное золото, серебро и другие металлы отличаются сильным металлическим блеском, невысокой твердостью (2-3) и наибольшей из всех известных минералов плотностью (до 21), обусловленной атомной массой элементов. В кристаллах встречаются редко. Обычно находятся в виде зерен, чешуек, дендритов и нитевидных агрегатов. Иногда – как уникальные явления – образуют самородки разных форм и размеров.

Самородные неметаллы имеют разнообразный неметаллический блеск. Плотность у них в основном небольшая. Твердость колеблется от 1 у графита до 10 у алмаза, являющаяся самой высокой среди минералов. Самородные неметаллы встречаются в виде кристаллов, но чаще образуют плотные, чешуйчатые, иногда землистые массы.

Большинство самородных металлов встречаются редко. Среди неметаллов сравнительно широко распространены только графит и сера.

Образование минералов этого класса связано главным образом с эндогенными процессами: магматическим и гидротермальным (самородные металлы), так называемыми «трубками взрыва» (алмаз), метаморфическими (графит). Самородная сера имеет в основном экзогенное происхождение и образуется различными путями (биогенным, является возгонами вулканов и др.).

Промышленные месторождения многих самородных металлов (золото, серебро и др.), а также самородных неметаллов (алмаз) встречаются как в коренном залегании (первичные месторождения), так и во вторичном залегании – в россыпях (вторичные месторождения).

Практическое значение самородных элементов, особенно благородных – общеизвестно. Золото является главным валютным металлом. Наряду с другими благородными металлами (серебро, платина и др.) используется в ювелирном деле, приборостроении. Алмаз является

драгоценным камнем первого класса и широко применяется в технике в качестве сверхтвёрдого материала (технические алмазы). Графит и сера важны соответственно как ценное техническое и химическое сырьё.

В классе самородных элементов из металлов рассматриваются **золото** (Au), **серебро** (Ag), из неметаллов – **сера** (S) и минералы углерода (C) – **алмаз** (греч. «адамас» - непобедимый) и **графит** (греч «графос» - пишу)

(Приложение 1).

2. Сернистые соединения (сульфиды)

К классу сернистых соединений или сульфидов принадлежит большое количество минералов (более 200), представляющих собой соединения металлов с серой.

Ведущее значение из металлов в этих соединениях имеет железо (около 4/5 всех сульфидов). Кроме него типичные соединения с серой образуют медь, свинец, цинк, серебро, ртуть и др. В виде изоморфных примесей в состав сульфидов входит целый ряд редких и рассеянных элементов (кадмий, индий, галлий, рений и др.), которые не образуют самостоятельных минералов и могут быть получены только попутно при переработке сульфидных руд.

Сульфиды, также как и минералы класса самородных элементов, не относятся к пороодообразующим минералам. Они составляют всего около 0,15% веса земной коры, однако многие из них имеют важное практическое значение как рудные минералы.

Сульфиды встречаются в виде кристаллов, друз, чаще – в виде сплошных зернистых масс и вкрапленников.

Цвет минералов в большинстве случаев серый и желтый различной интенсивности и оттенков, а также коричневый и красный. Все сульфиды за небольшими исключениями имеют металлический блеск, большую плотность (как правило, выше 4) и невысокую твердость (2-4). За счет интенсивной окраски минералов и относительно невысокой твердости сульфиды дают на бисквите хорошую черту. Цвет черты является одним из диагностических признаков сульфидов.

Сульфиды имеют в основном гидротермальное происхождение и часто встречаются совместно со многими минералами класса самородных элементов. Кроме того, сульфиды образуются в магматических и иногда в экзогенных процессах. В поверхностных условиях они неустойчивы и разрушаются, переходя в различные вторичные минералы: сульфаты, карбонаты, окислы и др.

Сульфиды являются главной рудой на медь, свинец, цинк, ртуть и другие цветные металлы. Из них попутно извлекают редкие и рассеянные элементы, а также серу. Необходимо отметить, что железо из сульфидов не извлекается из-за избытка серы.

В этом классе рассматриваются наиболее характерные минералы: **пирит**, или серный или железный колчедан FeS_2 – самый распространенный в природе сульфид; **халькопирит**, или медный колчедан CuFeS_2 (греч. «халькос» – медь и «пир» - огонь); **галенит**, или свинцовый блеск PbS ; **сфалерит**, или цинковая обманка (греч. «сфалерос» - обманчивый); **киноварь** (арабск. «кинобари» - кровь дракона), HgS .

3. Галоидные соединения (галоиды)

К классу галоидных соединений или галоидов относятся около 100 минералов, представляющих собой соединения металлов с галогенами – фтором (F), хлором (Cl) и гораздо реже бромом (Br) и йодом (I) – фториды, хлориды и др. Главное значение из металлов в этих соединениях имеют натрий (Na), калий (K), магний (Mg), кальций (Ca) и некоторые другие.

Роль галоидов как породообразующих минералов невелика: широкое распространение имеют лишь хлориды и отдельные фториды, но они важны в общегеологическом и практическом отношении. Хлориды образуют мощные соленосные толщи в виде осадочных пород и являются ценным химическим и агрономическим сырьем. Фториды используются преимущественно в металлургической промышленности.

Галоиды, за редким исключением, встречаются в виде изометричных кристаллов и кристаллически-зернистых агрегатов.

Минералы в основном бесцветные и, лишь содержащие примеси окрашены в различные цвета, обычно светлые. Большая часть галоидов прозрачна или просвечивает, имеет стеклянный блеск, низкую твердость и небольшую плотность. Обычна совершенная спайность. Хлориды легко растворимы в воде и поэтому имеют вкус.

Хлориды образуются главным образом в осадочных процессах при испарении вод поверхностных бассейнов. Преобладающая связь хлоридов с осадочными процессами объясняется тем, что около 75% всего хлора земной коры сосредоточено в океанической воде.

Фториды связаны в основном с эндогенными процессами.

В классе галоидных соединений из хлоридов рассматриваются **галит**, или каменная соль NaCl – наиболее распространенный минерал этого класса, **сильвин** KCl , из фторидов – **флюорит**, или плавиновый шпат (греч. «флюор» - течь) CaF_2 .

4. Окислы и гидроокислы

К классу окислов и гидроокислов относятся важные и широко распространенные минералы, представляющие собой соединения различных элементов с кислородом O (окислы) и соединения с кислородом

и гидроксильной группой ОН (гидроокислы). В настоящее время известно более 150 минералов этого класса, которые составляют около 17% веса земной коры.

Минералы этого класса подразделяются на две группы: 1) окислы и гидроокислы кремния (группа кварца) и 2) окислы и гидроокислы металлов.

Главными по распространенности являются минералы группы кварца (кварц, халцедон, опал) и, прежде всего, кварц – один из важнейших породообразующих минералов, составляющий по весу около 12% земной коры и входящий в состав всех генетических типов горных пород. Среди минералов второй группы наиболее распространенными являются окислы и гидроокислы железа (гематит, магнетит, лимонит), слагающие до 4% земной коры. Из остальных наибольшее значение имеют окислы и гидроокислы алюминия (корунд, минералы бокситов и др.).

В морфологическом отношении окислы и гидроокислы обладают хорошо выраженной индивидуальностью кристаллов и их агрегатов, что для большинства минералов данного класса является важным диагностическим признаком.

Минералы окислов, представленные большим разнообразием структур, образуют кристаллы всех морфологических типов – изометричного, удлиненного и уплощенного обликов. Минералы изометричного облика обычно образуют зернистые агрегаты (от крупно- и средне-зернистых до мелко- и скрытокристаллических). Для минералов удлиненного облика характерны лучистые и игольчатые агрегаты, а для уплощенных – листовато-чешуйчатые.

Минералы гидроокислов в подавляющем большинстве не образуют различных, заметных глазом кристаллов и обычно их кристаллические очертания можно установить лишь под электронным микроскопом. Почти всегда они встречаются в виде порошковатых, землистых, натечных и оолитовых агрегатов. Некоторые окислы встречаются как в виде кристаллов, так и в виде агрегатов.

Окраска окислов и гидроокислов также характеризуется своими особенностями. Часть этих минералов бесцветна или слабоокрашена и имеет разнообразный неметаллический блеск. Однако подавляющее число минералов, содержащих железо и другие типичные элементы-хромофоры, интенсивно окрашены в темные цвета. Особенно широко распространены черные, буро-черные и ржаво-желтые окраски. В соответствии с этим находятся и металлический или металлоидный (полуметаллический) блеск этих минералов.

Большинство окислов имеет высокую твердость, обычно больше 5,5. У гидроокислов твердость заметно ниже и колеблется от 1 до 5.

Плотность находится в соответствии с химическим составом минералов.

Из других характерных диагностических свойств необходимо отметить магнитность некоторых минералов, наиболее ярко выраженную у магнетита.

Образуются окислы и гидроокислы при самых разнообразных процессах, как эндогенных, так и экзогенных. Так, например, кварц образуется в результате практически всех процессов, связанных магматической деятельностью (собственно магматического, пегматитового, гидротермального). Кроме того, кварц возникает в процессе метаморфизма, а также может быть экзогенным, выделяясь, например, в виде друз среди осадочных пород. Именно поэтому кварц является широко распространенным породообразующим минералом магматических, метаморфических и осадочных пород.

Вместе с тем, большинство минералов этого класса образуются в результате экзогенных процессов в верхней части литосферы. Многие эндогенные минералы при выветривании разрушаются и переходят в окислы и гидроокислы как более устойчивые соединения в поверхностных условиях.

Минералы класса окислов и гидроокислов имеют важное практическое значение. Многие из них используются как основные руды для получения железа, алюминия и других металлов, как оптическое сырье (кварц), как особо твердые абразивные материалы (корунд). Красиво окрашенные разновидности минералов применяются в ювелирном деле в качестве драгоценных и поделочных камней.

В этом классе рассматриваются породообразующие минералы группы кварца, а также рудные минералы железа и алюминия.

Кварц SiO_2 . По распространенности в земной коре является вторым после силикатных минералов группы полевых шпатов. Формально по химическому составу кварц окисел, однако по структуре принадлежит к классу силикатов. Прозрачные и красиво окрашенные разновидности кварца имеют собственные названия: *горный хрусталь* – водяно-прозрачные кристаллы, обычно хорошо образованные; *аметист* – фиолетовый; *морион* – черный. Имеются и другие более редкие разновидности: *раухтопаз* – дымчатый кварц; *цитрин* – золотисто-желтый кварц и др.

Халцедон SiO_2 . Скрытокристаллическая разновидность кварца. По цвету и рисунку выделяются следующие разновидности: *сердолик* – красный или оранжевый; агат – концентрически-зональный, различно окрашенный; *кремень* – темно-серый и др.

Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Аморфный минерал. Просвечивающие или слабоокрашенные разновидности, отличающиеся радужной опалесценцией – игрой цветов разных оттенков голубого, реже красного цвета, называются *благородным опалом*.

Гематит Fe_2O_3 . (греч. «гема» – кровь, кровавый). Имеет ряд разновидностей. Яснокристаллические агрегаты чешуйчатого строения стально-серого до черного цвета называются *железным блеском*,

скрытокристаллические массы красного цвета – *красным железняком*. Разновидности железного блеска – *железная слюдка, железная роза*; красного железняка – *натечный гематит, землистый или охристый красный железняк*.

Во всех случаях характерным признаком гематита, от которого он и получил свое название, является вишнево-красный цвет его черты.

Магнетит, или магнитный железняк $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ или $\text{Fe}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_4$. Наиболее богатый железом окисел.

Лимонит, или бурый железняк (греч. «лемон» – луг.). Не имеет строго определенного химического состава – представляет собой смесь различных гидроксидов железа и глинистых частиц, соотношения которых непостоянны.

Корунд Al_2O_3 . Самый твердый после алмаза минерал. Благородные разновидности кроваво-красного цвета называются *рубином*, синего – *сапфиром*; темная мелкозернистая корундовая порода – *наждак*.

5. Карбонаты

Минералы класса карбонатов являются природными солями угольной кислоты (H_2CO_3) и представляют собой соединения кальция, магния, железа, меди и др. с кислотным радикалом $[\text{CO}_3]^{2-}$.

Всего в этом классе известно около 100 минералов, которые составляют до 1,7% веса земной коры. Некоторые из них очень широко распространены в природе. Особенно это относится к кальциту и доломиту, нередко образующих в земной коре мощные толщи в виде мономинеральных осадочных пород (известняки, доломиты и др.). Из остальных наиболее широкое значение имеют магнетит и сидерит.

Карбонаты обычно встречаются в виде массивных, кристаллически-зернистых и натечных агрегатов, а также в виде кристаллов разной формы. Наиболее характерная форма кристаллов – ромбоэдр. Хорошо образованные кристаллы иногда достигают значительных размеров (до нескольких десятков сантиметров).

Большинство минералов этого класса бесцветны или имеют белый цвет. Окраска карбонатов определяется в основном присутствием в их составе элементов-хромофоров, а также изоморфных и механических примесей. Например, карбонаты меди, являющейся типичным хромофором, имеют зеленую (малахит) или синюю окраску. Бесцветный или белый в чистом виде кальцит приобретает розоватую окраску от изоморфных примесей марганца, а при загрязнении другими минералами-примесями – зеленую (от включений хлорита или актинолита), красную (от включений гематита), темно-серую или черную (от включений битуминозных веществ).

Карбонаты имеют низкую твердость (3 – 4,5), совершенную спайность в трех направлениях (по ромбоэдру) и обычно небольшую

плотность. У большинства минералов блеск стеклянный и иногда (на плоскостях спайности) перламутровый.

В целом, широко распространенные карбонаты имеют очень сходные внешние признаки. Для их диагностики издавна используется характер (интенсивность) реакции с соляной кислотой (HCl). Кальцит реагирует бурно – «вскипает» (даже с разбавленной HCl); доломит реагирует слабо, только в порошке; магнезит и сидерит – при действии нагретой HCl, при этом у сидерита капля холодной HCl желтеет (от образования хлорного железа).

Образование карбонатов связано главным образом с поверхностными химическими и биогенными процессами (химические и органогенные осадки), а также с метаморфическими и гидротермальными.

Карбонаты – важнейшие неметаллические полезные ископаемые (строительные материалы – известняк, мрамор, доломит; огнеупорное и оптическое сырье – магнезит, оптический кальцит; декоративные и поделочные камни – малахит, кальцит). Кроме того, карбонаты – ценные руды на железо (сидерит), медь и другие металлы.

В этом классе рассматриваются: **кальцит**, или известковый шпат $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ – породообразующий минерал, участвующий в строении как осадочных, так и метаморфических пород. Прозрачная бесцветная разновидность кальцита называется *исландским шпатом* или *оптическим кальцитом*. Для него характерно сильное двулучепреломление (проявляющееся, например, в отчетливом раздвоении изображения); **доломит**, или горький шпат $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ – широко распространенный минерал; **магнезит** $\text{Mg}[\text{CO}_3]$; **сидерит**, или железный шпат $\text{Fe}[\text{CO}_3]$ (греч. «сидерос» – железо); **малахит** $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ – ценный (и теперь очень редкий) поделочный камень.

6. Сульфаты

Минералы - сульфаты являются солями серной кислоты (H_2SO_4) и представляют собой в основном соединения натрия, калия, кальция, магния, бария и некоторых других металлов с кислотным радикалом $[\text{SO}_4]^{2-}$.

К этому классу относится более 150 минералов, которые составляют 0,1% веса земной коры. Хотя минералы данного класса образуют довольно многочисленную группу, число устойчивых и широко распространенных в природе сульфатов сравнительно невелико. Самыми распространенными являются гипс, ангидрит, барит и некоторые другие.

Сульфаты встречаются в виде хорошо образованных кристаллов, а также волокнистых, лучистых, землистых и зернистых агрегатов. Кристаллы в основном таблитчатые, близкие к изометричным. Нередко образуют друзы и щетки.

Большинство сульфатов бесцветны, но из-за присутствия механических примесей часто окрашены в различные цвета.

Сульфаты характеризуются низкой твердостью и обычно небольшой плотностью (2-3). Исключение составляет барит, имеющий наиболее высокую среди светлых минералов плотность (4,5). Многие из сульфатов растворимы в воде. По внешним признакам они напоминают минералы, входящие в класс карбонатов. В отличие от последних они не реагируют с соляной кислотой.

Основная масса сульфатов – это экзогенные минералы осадочного происхождения (химические морские и озерные осадки), реже продукты окисления сульфидов и вулканической деятельности. Исключение составляет барит гидротермального происхождения.

Сульфаты используются в производстве вяжущих строительных материалов, химической промышленности, медицине и как поделочные камни.

В этом классе рассматриваются: **ангидрит** $\text{Ca}[\text{SO}_4]$ – типичный минерал хемогенных осадков. Среди осадочных пород образует пласты разной мощности (иногда до 1000 м), ассоциирует в них с гипсом, галитом. Поглощая воду переходит в гипс; **гипс**, или легкий шпат $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; **барит** или тяжелый шпат $\text{Ba}[\text{SO}_4]$ (греч. «барос» – вес).

7. Фосфаты

Фосфаты – соли фосфорной кислоты – принадлежат к довольно редким минералам.

Наиболее распространенным из них является **апатит** $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_2(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ (греч. «апатио» – обманываю). Встречается почти во всех типах горных пород, но в виде одиночных мелких кристаллов и зерен. В промышленных концентрациях апатит встречается в щелочных магматических породах, являясь совместно с нефелином одним из главных породообразующих минералов (в нефелиновых сиенитах). Здесь он образует частую вкрапленность зерен и почти сплошные зернистые сахаровидные массы, где содержание апатита достигает 80%.

В осадочных горных породах апатит слагает конкреции, желваки и землистые массы. Обычно содержит примеси песчаных и глинистых частиц, представляя собой по существу породу. Такие горные породы называются **фосфоритами**. Их происхождение биогенное – в результате жизнедеятельности организмов. Нередки псевдоморфозы фосфоритов по ископаемым остаткам.

Апатит и фосфориты широко используются для производства фосфорных удобрений, в химической промышленности.

8. Силикаты

В класс силикатов входят наиболее важные и широко распространенные в земной коре породообразующие минералы. Они участвуют в строении всех типов горных пород, особенно магматических и метаморфических, реже осадочных.

Около 30% всех известных в настоящее время минералов относится к этому классу. В целом, силикаты, включая и кварц, относящийся по структуре также к силикатам, слагают свыше 85% земной коры. При этом самыми распространенными являются *минералы группы полевых шпатов и кварца*, на долю которых приходится соответственно 55% и 12%. За ними по распространенности следуют *пироксены и амфиболы* – их общее количество в земной коре достигает 16%, а также *слюды* (4%).

Минералы класса силикатов характеризуются сложным химическим составом и внутренним строением. В соответствии с распространенностью в земной коре, главными химическими элементами силикатов являются кислород и кремний – входящие в состав ядра (или радикала) их кристаллической структуры, а также железо, кальций, магний, натрий, калий, водород в виде гидроксила или воды и др. Значительна в силикатах и роль алюминия – третьего по распространенности (после кислорода и кремния) элемента земной коры. Алюминий как амфотер может одновременно входить, либо не входить в состав радикала силикатов.

Ядром кристаллической структуры силикатов, образующим основу их внутреннего строения, является кремнекислородный тетраэдр. В центре тетраэдра находится атом кремния (Si^{4+}), а в вершинах – атомы кислорода (O^{2-}), образующие в совокупности комплексный радикал $[\text{SiO}_4]^{4-}$. В кремнекислородных тетраэдрах кремний может замещаться частично (не более половины) алюминием. Поэтому минералы с кремнекислородными тетраэдрами называются собственно *силикатами*, а с алюмокремнекислородными – являются их аналогами и называются *алюмосиликатами*.

Кремне- и алюмокремнекислородные тетраэдры различно сочетаются друг с другом: они могут быть обособлены или соединяться через вершины тетраэдров (через атомы кислорода). Разная геометрия сочетаний тетраэдров предопределяет разнообразие структур силикатов и лежит в основе их современной классификации.

Выделяют следующие структурные типы (подклассы) силикатов:

1. **Островные силикаты**, имеющие структуру из изолированных кремнекислородных тетраэдров. Радикал структуры $[\text{SiO}_4]^{4-}$, сюда же относятся силикаты со сдвоенными тетраэдрами с радикалом $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$.
2. **Кольцевые силикаты**, структура которых образована изолированными кольцами из трех, четырех или шести

кремнекислородных тетраэдров. Наиболее распространены кольца из шести тетраэдров с радикалом $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{2-}$;

3. **Цепочечные силикаты**, характеризуются тем, что тетраэдры соединяются в непрерывные изолированные цепочки с радикалом $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$;
4. **Ленточные силикаты** - кремнекислородные тетраэдры соединяются в непрерывные обособленные ленты (сдвоенные цепочки). Радикал структуры $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$;
5. **Листовые (слоистые) силикаты**, ленты тетраэдров соединяются в виде одного непрерывного листа или слоя. Радикал $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$;
6. **Каркасные силикаты**, алюмо- и кремнекислородные тетраэдры соединяются всеми четырьмя вершинами, образуя непрерывный трехмерный каркас. Радикал $[\text{Si}_n\text{O}_{2n}]$, $[\text{Al}_m\text{Si}_n\text{O}_{2m+n}]^{m-}$.

Внутренняя структура и химический состав силикатов в значительной степени определяют морфологию кристаллов и тип минеральных агрегатов.

Форма кристаллов. Минералы островных силикатов с компактной структурой как правило образуют изометричные кристаллы. Часто более или менее изометричны кристаллы каркасных силикатов. Кольцевые силикаты (скрепленные кольца – колонки) – имеют столбчатую форму кристаллов. Минералы с линейно вытянутыми структурами – цепочечные и ленточные силикаты – обычно образуют удлиненные кристаллы, соответственно, у ленточных они более уплощенные; слоистые силикаты имеют листоватый облик кристаллов.

Минеральные агрегаты. Островные и каркасные силикаты обычно образуют зернистые агрегаты; кольцевые-шестоватые, радиально-лучистые; цепочечные и ленточные – игольчатые, лучистые; для слоистых силикатов характерны пластинчатые и чешуйчатые агрегаты.

В полной зависимости от кристаллохимических особенностей силикатов находятся и их физические свойства.

Твердость силикатов определяется прочностью их кристаллических структур и варьирует в широких пределах. Островные и кольцевые силикаты отличаются самой высокой твердостью (6-8). Твердость незначительно снижается при переходе от островных и кольцевых силикатов к цепочечным и ленточным, а также каркасным, для которых она равна в среднем 5-7. Еще больше она снижается в силикатах слоистого типа (2-3), доходя до 1.

Цвет силикатов разнообразный и зависит в основном от наличия в минерале элементов-хромофоров (железа, марганца, хрома и др.). В присутствии двухвалентного железа минералы приобретают зеленую окраску разной интенсивности. При наличии в минерале одновременно двух- и трехвалентного железа (и разных их соотношениях) цвет меняется от зеленого через коричневый до черного. Окрашенные марганцем минералы имеют малиново-красный цвет и т.д.

Без хромофоров цвет силикатов белый, серый.

Цвет черты. Силикаты с высокой твердостью черты не дают – они процарапывают бисквитную пластинку. Силикаты с низкой твердостью, главным образом листовые силикаты, дают белую или слабоокрашенную (обычно зеленую или коричневую) черту.

Спайность наиболее хорошо выражена в листовых силикатах. Слои (листы) тетраэдров являются очень прочными, а связь их друг с другом менее прочная, что и обуславливает их весьма совершенную спайность в одном направлении, параллельном слоям структуры. Цепочечные и ленточные силикаты обладают хорошо выраженной спайностью в двух направлениях вдоль длинной оси структуры. Хорошо проявлена спайность по двум направлениям в каркасных силикатах. В островных и кольцевых силикатах спайность несовершенная.

Плотность. Среди силикатов преобладают минералы с низкой плотностью. Являясь главными породообразующими минералами, силикаты определяют низкую плотность горных пород и земной коры в целом, равной в среднем около 2,8. Силикаты с высокой плотностью встречаются редко и в основном представлены островными силикатами с наиболее плотной структурой и содержанием тяжелых атомов.

Происхождение силикатов связано главным образом с эндогенными процессами, в основном с магматическими, и реже – с метаморфическими и экзогенными. Силикаты экзогенного происхождения представляют собой обычно продукты выветривания или изменения первичных (эндогенных) минералов.

Применение. Силикаты как главные породообразующие минералы имеют и важное практическое значение. Силикаты – ценные неметаллические полезные ископаемые (керамическое и огнеупорное сырье; строительные, тепло- и электроизоляционные материалы). Они также являются рудами на рассеянные элементы и редкие земли. Прозрачные и красиво окрашенные силикаты издавна используются в качестве драгоценных и поделочных камней.

Ниже рассматриваются в составе подклассов силикатов важнейшие породообразующие и наиболее характерные минералы и группы минералов силикатов (Приложение 2).

8.1. Островные силикаты

Среди силикатов это наиболее многочисленный подкласс минералов. Химический состав их весьма разнообразный – большей частью это силикаты железа, магния, кальция и алюминия.

К числу породообразующих и наиболее широко распространенных минералов относятся: оливин, гранаты, эпидот и некоторые другие.

Оливин, или *перидот* $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$. Является наиболее распространенным минералом изоморфного ряда форстерит $Mg_2[SiO_4]$ – фаялит $Fe_2[SiO_4]$. Название происходит от оливково-зеленого цвета минерала. Прозрачная желто-зеленая разновидность оливина носит название *хризолит* и является драгоценным камнем.

Гранаты (лат. «гранум» – зерно). Это обширная группа минералов (представляющих собой смесь двух изоморфных рядов) с общей формой $R_1^{2+}R_2^{3+}[\text{SiO}_4]_3$, где R_1^{2+} - двухвалентные Ca, Mg, Mn, Fe, а R_2^{3+} - трехвалентные Al, Fe, Cr. Известно несколько разновидностей гранатов, из которых самым распространенным является *альмандин* $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ – красно-коричневый, фиолетовый. Реже встречаются *пироп* – темно-красный (характерен для алмазоносных пород-кимберлитов), *гроссуляр* – светло-зеленый, *уваровит* – изумрудно-зеленый и др. Прозрачные красные и зеленые гранаты используются как драгоценные камни.

Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_2[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\cdot\text{O}(\text{OH})$ отличается очень своеобразным, неповторимым в других минералах, желто-зеленым цветом (фисташково-зеленым, шпинатно-зеленым) и средней спайностью.

8.2. Кольцевые силикаты

Подкласс кольцевых силикатов включает небольшое число редких в природе минералов. Среди них лишь некоторые имеют определенное практическое значение, в том числе турмалин – сложный боралюмосиликат.

Турмалин. Объединяет несколько минералов (между которыми существует полная изоморфная сместимость) с общей формулой $X_1Y_3Z_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH,F})_4$, где X - Ca, Na; Y - Mg, Li, Al, Fe^{2+} , Mn и Z – Al, Fe^{3+} , Cr. Имеется несколько разновидностей турмалинов: наиболее распространены *шерл* – черный турмалин по составу железистый и *рубеллит* – розовый (литиевый, марганцевый) и др. Очень характерны многоцветные турмалины с зональной полихромной окраской. Розовый турмалин рубеллит (сибирский рубин) является драгоценным камнем.

8.3. Цепочечные и ленточные силикаты

К цепочным и ленточным силикатам относятся важные породообразующие минералы, составляющие соответственно группу пироксенов и группу амфиболов. Имеется много черт подобия пироксенов и амфиболов. Они имеют сходный и относительно простой химический состав – чаще всего это силикаты кальция, магния и железа. Морфологически их кристаллы подобны друг другу. Они близки по физическим свойствам. Основное отличие состоит в том, что пироксены образуют относительно короткие призматические кристаллы и углы между направлениями спайности у них составляют 87° (93°). Минералам группы амфиболов свойственны более удлиненные призматические формы, часто игольчатые или волокнистые и плоскости спайности располагаются под углом 124° (56°) друг к другу. Последним, в частности, объясняется почти квадратная форма поперечного сечения кристаллов у пироксенов, и ромбовидная или шестигранная – у амфиболов. Кроме того, у амфиболов блеск значительно сильнее и спайность проявлена лучше.

В группе пироксенов рассматриваются: **гиперстен** $(\text{Fe,Mg}_2)[\text{Si}_2\text{O}_6]$ и **диопсид** $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

В группе амфиболов:

Актинолит, или лучистый камень $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2 \cdot (\text{OH})_2$ (греч. “актис” – луч и “литос” – камень). Плотная скрытокристаллическая разновидность, сложенная переплетающимися иголочками актинолита называется *нефритом* и является ценным поделочным камнем.

Роговая обманка $(\text{Ca,Na})_2(\text{Mg,Fe}^{2+})_4(\text{Al,Fe}^{3+})[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Весьма распространенный минерал. Химический состав сложный и непостоянный. По свойствам близок к гиперстену. Отличается формой кристаллов и взаимным расположением плоскостей спайности. Наиболее часто встречающейся разновидностью является *обыкновенная роговая обманка* темно-зеленого цвета.

8.4. Листовые (слоистые) силикаты

К листовым силикатам и алюмосиликатам относится большое количество минералов, многие из которых являются породообразующими – слюды, глинистые минералы, хлориты и др.

В большинстве случаев минералы с листовыми радикалами – это силикаты и алюмосиликаты магния и алюминия. Кроме того, для всех минералов характерно присутствие гидроксильной группы OH и нередко H_2O .

Из-за некомпактности кристаллических структур и слабых связей между слоями лишь редкие минералы листовых силикатов и алюмосиликатов встречаются в крупных и хорошо ограненных кристаллах. Явно распознаваемые совершенные кристаллы обычно образуют слюды, реже хлориты. Очень часто кристаллы минералов исключительно малы по размерам и образуют тонкодисперсные (скрытокристаллические) плотные и рыхлые агрегаты. Соответственно, характерная для минералов этого подкласса силикатов весьма совершенная спайность в одном направлении (параллельно слоям структуры), макроскопически не всегда устанавливается.

К числу породообразующих и наиболее характерных минералов листовых силикатов и алюмосиликатов относятся слюды, глинистые минералы, хлориты, тальк, серпентин и глауконит.

Слюды включают большую группу распространенных минералов, объединяемых общностью ряда внешних признаков. Они имеют листоватую, чешуйчатую форму кристаллов и отчетливо выраженную весьма совершенную спайность. Слюды являются составной частью многих магматических и метаморфических пород. Наиболее распространенные минералы слюд: **биотит** $\text{K}(\text{Fe,Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \cdot (\text{OH,F})_2$ и **мушковит** $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \cdot (\text{OH,F})_2$. Название последнего происходит от Московского государства (Московии). Мелкочешуйчатая разновидность мушквита носит название *серицит*.

Глинистые минералы – большая группа важных породообразующих минералов ряда осадочных и метаморфических пород (глин, мергелей, глинистых сланцев и др.); слагают основную часть кор выветривания, почв. Минералы глин образуют тонкодисперсные плотные землистые и рыхлые порошковатые агрегаты. Уверенно диагностируются

лишь специальными методами, в том числе рентгеноструктурным и электронной микроскопии.

Наиболее типичные минералы глин: **каолинит** $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_2$, **монтмориллонит** $(Al_2, Mg_3)[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$, **иллит** – алюмосиликат переменного состава. Образует чрезвычайно тонкодисперсные массы, являясь одним из главных компонентов глин и почв.

Хлориты (греч. «хлорос» – зеленый). К хлоритам относится большая группа слюдоподобных минералов сложного состава. Они широко распространены в природе и часто являются главными породообразующими минералами метаморфических пород. Хлориты – алюмосиликаты магния и железа. В соответствии с составом и структурными особенностями выделяются магниальные и железистые хлориты, различимые только специальными методами диагностики.

Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ – магниальный листовый силикат. Синонимы: жировик, тальковый (мыльный) камень и т.п.

Серпентин, или змеевик $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ (лат. «серпентис» – змея, змеевидный). Название минерала дано по его часто пятнистой окраске, напоминающей цвет змеиной кожи. Имеет ряд разновидностей. Тонко волокнистая разновидность серпентина называется *хризотил-асбестом* (греч. «хризотил» - золотое волокно «асбестус» - негорючий).

Глауконит $K(Fe, Al, Mg)_3(OH)_2[AlSi_3O_{10}] \cdot H_2O$. Водный алюмосиликат: содержит до 10% воды. Относится к группе гидрослюд, являющихся промежуточными образованиями между слюдами и глинистыми минералами.

8.5. Каркасные силикаты

Каркасные силикаты объединяют наиболее важные и широко распространенные породообразующие минералы. Особое место среди них занимают минералы группы полевых шпатов, составляющие, как указывалось выше, более половины всей массы земной коры. Полевые шпаты являются главными породообразующими минералами большинства магматических, многих метаморфических и некоторых осадочных горных пород. К числу породообразующих относятся и минералы группы фельдшпатоидов (щелочные магматические породы).

Полевые шпаты.

По химическому составу полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты калия, натрия и кальция. Кристаллы призматического облика часто более или менее изометричны.

Минералы имеют довольно высокую твердость (6-6,5) и сравнительно небольшую плотность (2,5-2,7), что определяется, с одной стороны, сильными химическими связями каркаса, а с другой – «рыхлостью» структуры из-за наличия пустот в каркасе.

В минералы не входят элементы-хромофоры, поэтому их собственный цвет белый или светло-серый. Однако полевые шпаты часто приобретают цветную окраску, связанную не с хромофорами как у минералов других подклассов силикатов, а с включениями в них цветных

минералов-примесей. Этим, в частности, определяются наиболее характерные цветные окраски полевых шпатов: розово-желтая и мясо-красная (от включений гематита), зеленовато-серая и серо-черная (от включений других цветных минералов).

Из-за наличия пустот в каркасе, ослабляющих химические связи, в полевых шпатах хорошо проявлена спайность. Она проходит в минералах по двум направлениям, пересекающимся под углом, близким к 90° .

Блеск на плоскостях спайности стеклянный, в изломе жирный, матовый. У отдельных минералов на плоскостях спайности отмечаются голубые радужные переливы (иризация).

Полевые шпаты по химическому составу делятся на две подгруппы:

1. Калиевые полевые шпаты;
2. Кальциево-натриевые полевые шпаты или плагиоклазы.

К подгруппе калиевых полевых шпатов относятся микроклин и ортоклаз.

Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$

Кристаллы призматического облика, хорошо выраженные, часто встречаются в двойниках. Образуют также вкрапленники в породе и сплошные кристаллические массы.

Цвет белый, светло-серый, желтовато-розовый до мясо-красного. Черта отсутствует. Блеск стеклянный. Твердость эталонная – 6. Плотность 2,5 – 2,6. Спайность совершенная в двух направлениях. Излом неровный, ступенчатый. Прочие свойства: образует сколы по спайности, идущие под прямым углом. С этим свойством связано и название минерала – от греч. «ортоклаз» – прямоколющийся.

Разновидности: *санидин* – бесцветный стекловидный ортоклаз (выделяемый иногда как отдельный минерал); *адуляр* – водяно-прозрачный ортоклаз клиновидной формы. Адуляры нежно-голубого цвета с мерцающим блеском и перламутровыми переливами (голубая иризация) называются *лунным камнем* (название нестрогое, используется в приложении к разным минералам и с разным смыслом).

Диагностика. Распознается по цвету – обычно кремово-желтому, блеску, спайности и эталонной твердости.

Микроклин $K[AlSi_3O_8]$

Минерал того же состава, что и ортоклаз, но кристаллизующийся в триклинной сингонии. В переводе с греческого – «незначительно отклоненный», так как угол между плоскостями спайности в отличие от ортоклаза на 20° меньше прямого.

По внешним признакам микроклин неотличим от ортоклаза и только его редкая разновидность зеленого цвета – *амазонит* – легко отличается от других полевых шпатов.

Диагностика. Микроклин обычно розовый, а также зеленый. Отличие микроклина и ортоклаза и их точное определение проводится на основе специальных методов диагностики. В связи с этим минералы

микроклин и ортоклаз макроскопически определяются зачастую просто как калиевый полевой шпат.

У похожего на калиевые полевые шпаты кварца нет спайности и более высокая твердость (7).

Происхождение калиевых полевых шпатов. Магматическое – в кислых и средних магматических породах. Пегматитовое. Являются главными породообразующими минералами гранитов и их пегматитов, сиенитов и др. В пегматитовых жилах кристаллы иногда достигают гигантских размеров – нередки обособления калиевых полевых шпатов, главным образом микроклина, массой в десятки тонн. Гидротермальное – в составе рудных жил. Метаморфическое – в гнейсах, гранитогнейсах, гнейсогранитах.

Калиевые полевые шпаты подвержены вторичным изменениям: характерным продуктом их гидротермального преобразования является мусковит (серицит). При выветривании они подвергаются каолинизации и замещаются каолинитом.

Калиевые полевые шпаты (в основном микроклин) являются сырьем для керамической и стекольной промышленности. Лунный камень используется в ювелирном деле, амазонит для поделок.

Плагиоклазы являются важнейшими породообразующими минералами и весьма широко распространены. Плагиоклазы представляют собой изоморфный ряд минералов с двумя крайними членами: *альбитом* (натриевый) $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и *анортитом* (кальциевый) $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Между ними располагаются *олигоклаз*, *андезин*, *лабрадор*, *битовнит*, в которых уменьшается содержание натриевой составляющей и увеличивается содержание кальциевой, а соответственно уменьшается и содержание окиси кремния.

По содержанию окиси кремния среди плагиоклазов выделяются *кислые*, богатые SiO_2 , минералы (альбит, олигоклаз), *средние* (андезин) и *основные* (лабрадор, битовнит, анортит). Кислые плагиоклазы характерны для кислых магматических пород и являются наиболее распространенными.

Плагиоклазы обычно характеризуются неправильными зернами, вкрапленными в породу. Образуют зернистые агрегаты, сахаровидные массы, иногда друзы (альбит). Хорошо образованные кристаллы редки.

Цвет белый, серый. Черта отсутствует. Блеск стеклянный. Твердость 6-6,5. Плотность повышается от 2,6 (альбит) до 2,8 (анортит). Спайность совершенная в двух направлениях. Излом ступенчатый, неровный. Прочие свойства: угол между плоскостями спайности отличается от прямого на $3,5 - 4^{\circ}$. С этим свойством связано и название минерала – от греч. «плагиоклаз» – косораскалывающийся (в отличие от калиевых полевых шпатов).

Диагностика. По внешним признакам все плагиоклазы сходны друг с другом и макроскопически обычно не разделяются. Исключение

составляет лишь *лабрадор* – темно- серого цвета с очень характерными синими радужными переливами (иризацией) на плоскостях спайности.

От похожих калиевых полевых шпатов плагиоклазы отличаются цветом – обычно серым и взаимным расположением плоскостей спайности под углом $86 - 87^{\circ}$. Однако такое незначительное отклонение от прямого угла, характерного для калиевых полевых шпатов, визуально не заметно. В связи с этим макроскопически удастся определить лишь принадлежность минерала к группе полевых шпатов без более дробного расчленения. От похожего кварца плагиоклазы отличаются наличием спайности и меньшей твердостью.

Происхождение плагиоклазов:

1. Магматическое, пегматитовое. В магматических породах они являются главными породообразующими минералами кислых, средних и основных горных пород – гранитов (и их пегматитов), диоритов, габбро, сиенитов и нефелиновых сиенитов. В этих горных породах встречаются все плагиоклазы (кислые – в кислых горных породах, средние – в средних, основные – в основных горных породах). В гранитных пегматитах иногда наблюдаются крупные, порой гигантские выделения плагиоклазов (олигоклаза).

2. Гидротермальное (альбит).

3. Метаморфическое – в гнейсах, амфиболитах и др. Характерными продуктами гидротермального изменения плагиоклазов являются мусковит (серицит), эпидот и др. При выветривании заменяются каолинитом.

Практическое применение из всех плаггиоклазов имеет лишь лабрадор. Он хорошо принимает полировку и используется как облицовочный камень.

Фельдшпатоиды.

Минералы группы фельдшпатоидов состоят из тех же химических элементов, что и полевые шпаты, но с меньшим содержанием окиси кремния. Среди них наиболее распространен нефелин – главный породообразующий минерал щелочных магматических горных пород.

Нефелин $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$

Встречается в сплошных зернистых массах. Кристаллы мелкие, призматические, образуют вкрапленники в породе в виде бесформенных зерен и выделений нефелина.

Бесцветный, чаще серый, зеленовато-серый, красновато-серый, до коричневого и мясо-красного.

Черта белая или отсутствует. Блеск жирный. Твердость 5-6. Плотность 2,6. Спайность отсутствует. Излом неровный. Прочие свойства: вкрапленники нефелина в породе иногда представлены хорошими кристаллами четырехугольного и шестиугольного сечения.

Разновидности. *Элеолит* – нефелин в виде сплошных сливных масс с жирным блеском.

Диагностика. Характерен жирный блеск в сплошных массах. Важными диагностическими признаками являются: рыхлая серая корка на

его поверхности (порошковатые массы вторичных минералов), образующаяся в результате выветривания нефелина, а также особенный мясо-красный, гнилостно-красный цвет и жирный блеск в свежих сколах (его так и называют – мясной, жирный камень).

Можно спутать с полевым шпатом и кварцем. Последний тверже, не выветривается и не встречается вместе с нефелином. От полевых шпатов нефелин отличается отсутствием спайности и жирным блеском.

Происхождение. Магматическое – встречается в нефелиновых сиенитах и щелочных пегматитах. Метаморфическое (нефелинизация).

Руда на алюминий, используется в стекольной и фарфоровой промышленности.

9. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные химические элементы, встречающиеся в природе в самородном состоянии в виде минералов. Каково их практическое значение?
2. Каковы характерные свойства минералов класса самородных элементов?
3. В каком виде встречаются самородное золото и алмаз в природе и их промышленные месторождения?
4. Какие минералы относятся к сульфидам? Их практическое значение.
5. Каковы наиболее характерные диагностические признаки минералов класса сульфидов?
6. Охарактеризуйте пирит. В чем заключается отличие пирита от халькопирита?
7. Назовите синоним минерала сфалерит и по каким признакам он определяется?
8. Какие минералы относятся к галоидам? Их происхождение и практическое значение.
9. Назовите самый распространенный в природе хлорид и чем он отличается от сильвина?
10. Каковы форма кристаллов и преобладающий цвет флюорита?
11. Какие минералы относятся к классу окислов и гидроокислов? Их порообразующее и практическое значение.
12. В чем состоят морфологические отличия минералов окислов и минералов гидроокислов.
13. Какие Вы знаете минералы группы кремнезема?
14. Охарактеризуйте кварц.
15. Перечислите окислы и гидроокислы железа.
16. Каковы характерные признаки магнетита, гематита?
17. Что такое железный блеск, красный железняк, бурый железняк?
18. Охарактеризуйте корунд и его разновидности.
19. Какие минералы относятся к классу карбонатов? Их практическое значение.
20. Каковы наиболее характерная форма кристаллов, спайность и главный диагностический признак карбонатов?
21. Как реагирует с соляной кислотой кальцит, доломит, магнезит, сидерит?
22. Назовите самые распространенные минералы класса сульфатов.
23. Каковы главные отличительные свойства гипса, барита?
24. Чем отличается апатит от фосфоритов? Их практическое значение.
25. Что такое силикаты и алюмосиликаты? Их порообразующее и практическое значение.
26. Какие признаки положены в основу классификации силикатов? Перечислите главные типы структур силикатов и их радикалы?

27. Как внутреннее строение сказывается на морфологии и физических свойствах силикатов? Приведите примеры.
28. Охарактеризуйте оливин.
29. Каковы характерные признаки эпидота и турмалина?
30. Какие Вы знаете пироксены и амфиболы? В чем их сходство и различие?
31. Охарактеризуйте минералы глин.
32. Какие Вы знаете слюды и слюдopodobные минералы?
33. Что такое полевые шпаты и по какому признаку они разделяются?
34. Назовите и охарактеризуйте минералы калиевых полевых шпатов.
35. Какие Вы знаете плагиоклазы? Их породообразующее и практическое значение.
36. Для каких пород характерен нефелин?

10. Литература

Основная:

Лебедева Н.Б. Пособие к практическим занятиям по общей геологии. – М.: МГУ, 1972.

Павлинов В.Н., Михайлов А.Е., Кизельватер Д.С. и др. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии. – М.: Недра, 1988.

Дополнительная:

Булах А.Г. Минералогия с основами кристаллографии: Учебник для ВУЗов. – М.: Недра, 1989.

Лазаренко Е.Н. Курс минералогии: Учебник для университетов. – М.: Высшая школа, 1971.

Миловский А.В. Минералогия и петрография. – М.: Недра, 1985.

Характеристика основных породообразующих и рудных минералов

Несиликатные минералы

Класс	Минерал	Химический состав	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
1. Самородные элементы	Золото	Au	Золотисто-желтый	Золотисто-желтый, блестящий	Метал.	2-3	15-19	Отсутствует, крючковатый	Кристаллы редки, неправильные зерна, пластинки	Дендриты, самородки, нитевидные формы	Цвет, блестящая черта, высокая плотность, неокисляемость
	Серебро	Ag	Серебряно-белый (с черным налетом на поверхн.)	Серебряно-белый, блестящий	Метал.	2-3	10-11	Отсутствует, крючковатый	Кристаллы редки, пластинки	Дендриты, волосовидные и проволочные формы	Цвет, высокая плотность, электропроводность
	Сера	S	Желтый, зеленовато-желтый	Светло-желтый	Стекл., жирный	1-2	2	Отсутствует, раковистый	Дипирамидальная (усеченная)	Зернистые, плотные (канифолеподобные), землистые массы, друзы	Цвет, блеск, хрупкость, горючесть

1. Самородные элементы	Графит	C	Стально-серый до черного	Черный, блестящий	Полуметалл.	1	2,2	Совершенная, неровный	Гексагональная (шестиугольные пластинки)	Плотные, чешуйчатые, землистые массы	Цвет, жирность на ощупь, мягкость (пишет на бумаге, пачкает пальцы)
	Алмаз	C	Бесцветн., водяно-прозрач. с оттенками разного цвета (красного, желтого и др.)	-	Алмазный	10	3,5	Совершенная (по октаэдру)	Октаэдрическая, кубическая	Плотные мелкозернистые	Высокая эталонная твердость, алмазный блеск, люминесценция

Класс	Минерал	Химический состав	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
2. Сульфиды	Пирит	FeS ₂	Соломенно-желтый, золотистый	Черный, зеленовато-черный	Металл.	6-6,5	Около 5	Отсутствует, неровный	Кубическая	Зернистые, плотные массы	Высокая твердость, золотистый цвет, кубическая форма кристаллов с грубой взаимно перпендикулярной штриховкой на гранях
	Халькопирит	CuFeS ₂	Зеленовато-желтый, латунно-желтый	Черный, зеленовато-черный	Металл	3,5-4	4,2	Отсутствует, неровный	Тетраэдрическая (кристаллы очень редки)	Зернистые, плотные массы	Характерный цвет (неповторимый латунно-желтый), пестрая побежалость
	Галенит	PbS	Свинцово-серый	Серовато-черный	Металл	2-3	7,5	Совершенная (в трех направлениях по граням куба), ступенчатый	Кубическая	Зернистые, плотные массы	Цвет, совершенная спайность, высокая плотность, низкая твердость
	Сфалерит	ZnS	От светло-желтого до коричнево-черного	Преимущ. коричнев. (от светлого до бурого)	Алмазн.	3,5-4	4	Совершенная (в шести направлениях по ромбодекаэдру)	Тетраэдрическая	Зернистые, плотные массы	Алмазный блеск, совершенная спайность, коричневая черта
	Кинovarь	HgS	Ярко-красный	Ярко-красный	Алмазный (в зернах), жирный (в агрегатах)	2-2,5	8	Совершенная (в крупных зернах)	Ромбоэдрическая (кристаллы редки)	Зернистые, плотные массы, налеты	Характерный (алокрасный) цвет и черта, высокая плотность

Класс	Минерал	Химический состав	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
3. Галоиды	Галит	NaCl	Бесцветн., белый, серый, черный и др.	Белый до бесцветн.	Стеклянный, жирный	2	2	Совершенная (по кубу)	Кубическая	Зернистые, плотные массы	Соленый вкус, совершенная спайность
	Сильвин	KCl	Молочно-белый, грязно-бурый, красный	Белый до бесцветн.	Стеклянный	2	2	Совершенная (по кубу)	Кубическая	Зернистые, плотные массы	Горько-соленый вкус, совершенная спайность
	Флюорит	CaF ₂	Белый, зеленый, фиолетов. и др.	Белый до бесцветн.	Стеклянный, жирный	4	3	Совершенная (в четырех направления по октаэдру)	Кубическая, октаэдрическая	Зернистые, друзы, пленки	Форма кристаллов, спайность, эталонная твердость

Класс	Минерал	Химический состав	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
4. Окислы и гидрокислы	Кварц	SiO ₂	Бесцветн., белый, серый, черный и др.	-	Стекл., жирный (на изломе)	7	2,65	Отсутствует, неровный или раковистый	Удлиненные шестигранные призмы с пирамидальными окончаниями	Зернистые, плотные, массы	Призматические кристаллы с грубой поперечной штриховкой, раковистый излом, высокая эталонная твердость, стеклянный или жирный блеск
	Халцедон	SiO ₂	Белый, серый и др.	-	Восков. матовый	7-8	2,5	Отсутствует, раковистый	Скрытокристаллический	Плотные, скрытокристаллические массы	Плотное строение, высокая твердость, раковистый излом, восковой или матовый блеск
	Опал	SiO ₂ ·nH ₂ O	Белый, серый и др.	Белый	Восков. матовый	5,5	1,9-2,3	Отсутствует, раковистый	Кристаллов не образует	Плотные, натечные и землистые массы	Плотное строение, раковистый излом, восковой или матовый блеск
	Магнетит	FeO·Fe ₂ O ₃ или FeFe ₂ O ₄	Черный	Черный	Металл., полуметаллич.	5,5-6	5	Отсутствует, неровный	Октаэдрическая	Зернистые, плотные массы	Цвет, плотность, магнитность

4. Окислы и гидрокислы	Гематит	Fe_2O_3	От красно-бурого до железо-черного	Вишнево-красный	Полуметаллич., матовый	5-6	5,2	Отсутствует, неровный или раковистый	Таблитчатая (чешуйки, пластинки)	Зернистые, натечные и землистые массы	Особенный вишнево-красный цвет черты, форма кристаллов и агрегатов
	Лимонит	-	Охристо-желтый, ржаво-коричнев. до черного	Ржаво-бурый, желтый	Матовый	1-5	3-4	Отсутствует, неровный	Кристаллов не образует	Плотные, натечные и землистые массы, оолиты	Цвет черты, форма кристаллов
	Корунд	Al_2O_3	Синий, голубовато-серый, красный	-	Стеклан., алмазный	9	4	Отсутствует, неровный	Столбчатая, бочонковидная	Сплошные землистые массы	Высокая эталонная твердость

Класс	Минерал	Химический состав	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
5. Карбонаты	Кальцит	$\text{Ca}[\text{CO}_3]$	Бесцветн. белый, серый и др.	Белый	Стекл., перламутров.	3	2,5-3	Совершенная (в трех направлениях по ромбоэдру)	Ромбоэдрическая, скаленоэдры	Зернистые, землистые, натечные массы, друзы	Бурная реакция с HCl
	Доломит	$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	Белый, серый, желтый			3,5-4	3		Ромбоэдрическая	Зернистые (мраморовидные), землистые массы	Реагирует с HCl в порошке
	Магнезит	$\text{Mg}[\text{CO}_3]$	Белый, серый,	Белый	Стекл., шелковистый	4-4,5	3	Совершенная, раковистый	Ромбоэдрическая (кристаллы редки)	Зернистые, фарфоровидные массы	Реагирует с нагретой HCl
	Сидерит	$\text{Fe}[\text{CO}_3]$	Бурый до темно-коричнев.	Белый, буроват.	Стекл., матов.	3,5-4,5	4	Совершенная, неровный	Ромбоэдрическая (искривленные-чечевицеобразные)	Зернистые, землистые, натечные массы, конкреции, оолиты	Высокая плотность, ржавый цвет, при взаимодействии с HCl образуется желтое пятно
	Малахит	$\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$	Ярко-зеленый	Бледно-зеленый	Стекл., шелковистый	3,5	4	Средняя, неровный	Призматическая, игольчатая (кристаллы исключительно редки)	Натечные землистые массы, налеты, примазки	Специфический ярко-зеленый цвет, натечные формы агрегатов, бурная реакция с HCl

Класс	Минерал	Химический состав	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
6. Сульфаты	Ангидрит	$\text{Ca}[\text{SO}_4]$	Белый, серый, голубоватый	Белый	Стекл., перламутров.	3-3,5	3	Совершенная, неровный (занозистый)	Таблитчатая	Зернистые (мраморовидные)	Цвет, прямоугольные выколки по спайности, твердость
	Гипс	$\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Бесцветн, белый, серый			2	2,3	Совершенная, неровный		Мелкозернистые (сахаровидные), листоватые, волокнистые (селенит), друзы, сростки	Низкая эталонная твердость (царапается ногтем), совершенная спайность
	Барит	$\text{Ba}[\text{SO}_4]$	Бесцветн, белый, серый и др.	Белый	Стекл., перламутров.	2,5-3,5	4-5	Совершенная, неровный	Таблитчатая	Зернистые, листоватые, друзы, щетки	Высокая плотность, характерная спайность (по ступенчатым сколам), форма кристаллов и агрегатов
7. Фосфаты	Апатит	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	Желто-зеленый, голубой, белый	Белая, бесцветн.	Стекл., жирный	5	3,2	Отсутствует, неровный	Призматическая	Зернистые (сахаровидные)	Форма кристаллов и агрегатов, эталонная твердость, хрупкость

Характеристика основных породообразующих и рудных минералов Силикаты

Подкласс радикал	Минерал	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
Островные силикаты [SiO ₄] ⁴⁻	Оливин	Оливково-зеленый, темно-зеленый (бутылочный) до черного	-	Стекл.	6,5-7	3,2-3,5	Отсутствует, неровный, раковистый	Кристаллы редки	Сплошные зернистые массы	Характерный оливково-зеленый цвет, частое присутствие прожилков волокнистого серпентина, талька
	Гранаты (альмандин)	Красно-коричневый, фиолетовый	-	Стекл.	6,5-7,5	3,4-4,3	Отсутствует, неровный, раковистый	Изометричные многогранники (обычно ромбододекаэдры)	Сплошные зернистые массы	Изометричные зерна и кристаллы, высокая твердость, цвет

Островные силикаты [SiO ₄] ⁴⁻	Эпидот	Желто-зеленый (фисташково-зеленый)	-	Стекл.	6,5-7	3,5	Средняя, неровный	Призматическая, шестоватая	Зернистые, шестоватые	Неповторимый желто-зеленый цвет, средняя спайность, продольная штриховка кристаллов
Кольцевые силикаты [Si ₆ O ₁₈] ¹²⁻	Турмалин	Различный, серый, розовый	-	Стекл.	7	3-3,2	Отсутствует, неровный, занозистый	Столбчатая (призматическая) шестоватая	Шестоватые, радиально-лучистые («турмалиновые солнца»)	Форма кристаллов с грубой штриховкой на гранях (по удлинению), их характерное поперечное сечение (сферический треугольник)

Подкласс радикал	Минерал	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твер- дость	Плот- ность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
Цепочечные силикаты [Si ₄ O ₆] ⁴⁻ ПИРОКСЕНЫ	Гиперстен	Серовато- черный (темно- серый), зеленовато- черный	Слабый, серовато- зеленый	Стек- лянный	5,5-6	3,3-3,5	Совершенная (в двух направлениях по призме)	Призмати- ческая (почти с квадратным поперечным сечением)	Зернистые	Спайность под углом близким к прямому (87 ⁰ и 93 ⁰), различаются по цвету
	Диопсид	Серый, зеленый	Слабый, белый, зелено- ватый						Зернистые, шестоватые	

Ленточные силикаты [Si ₄ O ₁₁] ⁶⁻	АМФИБОЛЫ		Актинолит	Зеленый	Зелено- вато- белый	Сильный стек- лянный	5,5-6	3,3-3,5	Совершенная (в двух направлениях по призме)	Призматическая (с ромбовид- ным или шестигран- ным поперечным сечением)	Лучистые, игольчатые	Спайность под углом 124 ⁰ и 56 ⁰ , различаются по цвету и форме агрегатов
	Роговая обманка	Зеленый до черного	Зелено- вато- серый	Зернистые, шестоватые								

Подкласс радикал	Минерал	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки	
Листовые (слоистые) силикаты $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$	СЛЮДЫ	Биотит	Черный, бурый	Белый, коричнев.	Стекл., перламутров.	2-3	2,7-3	Весьма совершенная (в одном направлении)	Таблитчатая (гексагональной формы), боченковидная	Пластинчатые, чешуйчатые	Весьма совершенная спайность, цвет, упругость и гибкость отдельных пластин
		Мусковит	Бесцветн., серебристо-белый	Белый							
	ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ	Каолинит	белый	Белый	Матов.	1	1,7-2,6	Совершенная (макроскопически не определяется)	Кристаллы очень редки и тонкодисперсны	Землистые, порошковатые массы	Глиноподобный облик, мягкость, жирность на ощупь, размокание в воде
		Монтмориллонит	Коричнев., зеленый и др.	Светлоокрашенный							
		Иллит	Зеленый, зеленовато-серый	Зеленовато-серый							

Листовые (слоистые) силикаты [Si ₄ O ₁₀] ⁴⁻	Хлориты	Зеленый различных оттенков	Беловато-зеленый	Стекл., перламутров.	2-3	2,6-2,9	Весьма совершенная (в одном направлении)	Таблитчатая	Пластинчатые, чешуйчатые	Весьма совершенная спайность, цвет, слюдоподобный вид, отсутствие упругости отдельных пластин
	Тальк	Белый, светло-зеленый, светло-желтый	Белый	Жирн., стекл.	1	2,8	Весьма совершенная (в одном направлении)	Кристаллы редки	Листовые, чешуйчатые, плотные массы	Низкая эталонная твердость, жирность на ощупь

Подкласс радикал	Минерал	Цвет	Цвет черты	Блеск	Твердость	Плотность	Спайность, излом	Форма кристаллов	Минеральные агрегаты	Диагностические признаки
Листовые (слоистые) силикаты $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$	Серпентин	Зеленый разных оттенков, пятнист.	Белый	Жирн., восков.	2-4	2,5-2,7	Отсутствует, раковистый	Кристаллы редки	Скрытокристаллические массы	Пестрая окраска, жирный блеск, часто наблюдающиеся зеркала скольжения
	Глауконит	Зеленый	Зеленый	Матов.	2-3	2,2-2,9	Совершенная (макроскопически не определяется)	Округлые зерна	Землистые массы	Цвет, нахождение в виде цемента в песчаниках (глауконитовые) и песчаники других осадочных породах

Каркасные силикаты $[Al_m Si_n O_{2m+n}]^m-$	Полевые шпаты	<i>Калиевые</i> Ортоклаз Микроклин	Белый, светло-розовый до мяско-красного	-	Стекл.	6	2,5-2,6	Совершенная (в двух направлениях), неровный, ступенчатый	Призматическая	Сплошные кристаллические массы	Цвет (обычно розовый, красный), блеск, спайность, эталонная твердость
		<i>Плагиоклаз</i> Альбит - анортит	Белый, серый	-	Стекл.	6-6,5	2,6-2,8	Совершенная (в двух направлениях), неровный, ступенчатый	Призматическая	Зернистые мраморовидные массы	Цвет, блеск, спайность, твердость. Лабрадор темно-серого цвета с ирризацией
	Нефелин	Бесцвет., серый (разных оттенков зеленого и красного цветов), мяско-красный	-	Жирн.	5-6	2,6	Отсутствует, неровный	Призматическая (кристаллы редки)	Сплошные зернистые массы	Жирный блеск, рыхлая серая пленка на поверхности (из вторичных минералов), отсутствие Q.	

Формы приводимых кристаллов

а – тригональная;
б – тетрагональная;
в – гексагональная

Призмы

а – тригональная;
б – тетрагональная;
в – гексагональная

Дипирамиды

Скаленоэдр

Ромбоэдр

Тетраэдр

Куб

Октаэдр

Ромбододекаэдр

1. Греческие слова, от которых происходят названия этих форм: «эдра» – грань, «ди» – два, «три» – три, «тетра» – четыре, «гекса» – шесть, «окта» – восемь, «дека» – десять, «додека» – двенадцать, «скалена» – равнобедренный треугольник.