

Оглавление

Введение	6
1. ИЗУЧЕНИЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ	7
1.1. Основные задачи изучения дисциплины «Инженерные изыскания в строительстве. Геология (минералогия, петрография)»	7
1.2. Основные понятия.....	8
1.3. Генезис минералов	8
1.4. Классификация минералов.....	10
1.5. Методика визуального определения породообразующих минералов.....	11
1.6. Диагностические показатели минералов	12
1.7. Указания к выполнению лабораторной работы по изучению минералов визуальным методом	17
2. ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ	19
2.1. Краткий очерк о кристаллографии	19
2.2. Общие понятия и определения	20
2.3. Главные законы кристаллографии.....	22
2.4. Кристаллографическая классификация	27
2.5. Свойства кристаллов.....	32
2.6. Изучение горных пород с помощью петрографических методов	34
2.7. Теоретические основы кристаллооптики	35
2.7.1. Понятие о естественном и поляризованном свете и свойствах световых лучей.....	35
2.7.2. Характер волновой поверхности и оптический знак кристаллов.....	37
2.7.3. Световые эффекты в кристаллах.....	38
2.8. Поляризационный микроскоп.....	42
2.8.1. Устройство и назначение дополнительных линз.....	42
2.8.2. Особенности устройства призм Николя.....	43
2.8.3. Препараты для исследования	45
2.8.4. Технические требования к подготовке микроскопа для работы	46
2.9. Методика исследования шлифов	47
2.9.1. Исследование шлифа в проходящем свете при одном поляризаторе	47
2.9.2. Исследование шлифа в проходящем свете при скрещенных николях	49

3. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ	51
3.1. Изучение магматических горных пород	51
3.2. Основные понятия.....	53
3.2.1. Генезис	53
3.2.2. Структура и текстура.....	54
3.2.3. Инженерно-геологические особенности магматических горных пород.....	56
4. ИЗУЧЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	57
4.1. Основные понятия.....	57
4.2. Инженерно-геологические особенности осадочных пород	59
5. ИЗУЧЕНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	63
5.1. Основные понятия.....	63
5.2. Инженерно-геологические особенности метаморфических горных пород	66
6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	68
Заключение	69
Библиографический список	70
Приложения	71

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие поможет будущему инженеру-строителю решать практические задачи, важнейшей из которых является оценка инженерно-геологических свойств горных пород. Это необходимо как с целью их использования в качестве среды основания сооружений, так и для оценки пригодности как строительных материалов. Так как все породы состоят из минералов, курс начинается с освоения основ минералогии, а именно с изучения наиболее распространенных породообразующих и некоторых важных для строителей акцессорных минералов. Для надежного определения свойств минералов обучающимся необходимо освоить основы кристаллографии и кристаллооптики, которым посвящен второй раздел данного пособия.

Обучающийся, переходя к разделу, посвященному изучению горных пород (петрографии), благодаря усвоению навыков самостоятельного определения минералов по визуальным признакам должен научиться различать их в составе горных пород и понимать зависимость свойств пород от минерального состава и текстурно-структурных особенностей. Последнее тесно связано с условиями формирования горных пород и потому им в пособии придается немаловажное значение.

Так, благодаря логично выстроенному материалу дисциплины, обучающиеся смогут самостоятельно различать наиболее распространенные горные породы, определять их пригодность в качестве оснований будущих сооружений, а также давать прогнозы их возможного использования как строительных материалов.

1. ИЗУЧЕНИЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ

1.1. Основные задачи изучения дисциплины

«Инженерные изыскания в строительстве. Геология (минералогия, петрография)»

Инженер-строитель, встречаясь в своей практике с горными породами, решает весьма сложную и трудоемкую задачу: оценивает инженерно-геологические свойства пород как с целью их использования в качестве среды основания сооружения, так и для получения строительных материалов.

Одной из задач дисциплины «Инженерная геология» является подготовка бакалавров к изучению ряда технических дисциплин, таких как «Механика грунтов, основания и фундаменты», «Строительные материалы», «Технология строительного производства», а также к решению геологических вопросов при проектировании и строительстве конкретных сооружений. Для этого обучающиеся должны получить комплекс теоретических знаний на лекциях, а также практических навыков в процессе выполнения практических и лабораторных работ. В частности, на лабораторных занятиях по изучению минералов обучающиеся исследуют коллекции из 20...30 наиболее распространенных породообразующих и некоторых акцессорных минералов (таких как пирит и сера, являющихся вредными примесями с точки зрения строителей) и приобретают навыки определения диагностических свойств и признаков минералов, видимых невооруженным глазом.

Определить причины формирования тех или иных свойств горных пород без изучения слагающих их элементов — минералов — невозможно. Поэтому в процессе изучения дисциплины «Инженерная геология» обучающимся необходимо приобрести практические навыки самостоятельного определения минералов по внешним свойствам и признакам, научиться различать минералы в горных породах, понимать зависимость свойств горных пород от их минерального состава и условий формирования.

Многообразие природных условий формирования минералов привело к чрезвычайно обширному их количеству. Список вновь открываемых минералов постоянно пополняется, в связи с чем изучить все минералы в лаборатории инженерной геологии невозможно. Однако известно, что главным «строительным материалом» горных пород является небольшое количество минералов. Изучив эти главные породообразующие минералы, обучающийся сможет прогнозировать проявление их свойств в горных породах — главном объекте изучения инженерной геологии.

Основная цель освоения визуального метода определения минералов — научить обучающихся самостоятельно различать наиболее распространенные минералы в составе горных пород. Обучающиеся изучают свойства минералов, распространение их в горных породах и влияние этих минералов на свойства самих горных пород. Наряду с этим овладение визуальным методом определения минералов по внешним диагностическим признакам, глубокое освоение этих признаков на примере наиболее характерных породообразующих минералов позволит обучающимся при необходимости определять и другие минералы.

В результате выполнения лабораторных работ по изучению минералов и горных пород обучающиеся, осматривая вскрытые котлованы на строительных площадках, должны самостоятельно определить, какие горные породы находятся в основании будущего сооружения.

Выполнение лабораторных работ по породообразующим минералам также дает возможность изучить различные методы классификации минералов, их генезис, химический состав, внутреннюю структуру, особенности наиболее характерных свойств, в том числе представляющих особый интерес для инженера-строителя. К таким особенностям относятся устойчивость к выветриванию, растворимость в воде, прочность.

В процессе выполнения лабораторных работ после внимательного рассмотрения коллекций образцов минералов, нахождения диагностических признаков и определения минералов обучающиеся производят записи в лабораторном журнале, фиксируя в нем также наиболее характерные свойства минералов, сведения о которых можно получить из учебников, справочников, конспектов лекций, настоящего пособия и объяснений преподавателя.

Для проверки полученных знаний после завершения лабораторных работ обучающиеся должны выполнить контрольную работу: по образцам определить минералы и их классификационную принадлежность; указать их представительность в горных породах; оценить их инженерно-геологические и другие свойства.

1.2. Основные понятия

Минералогия (от *лат.* минера — руда) — наука о минералах, изучающая генезис, состав, строение, распространение и свойства минералов.

Минералы — однородные по составу и строению природные химические соединения или элементы, образованные в результате определенных процессов в земной коре и на ее поверхности.

По своему агрегатному состоянию большинство минералов являются твердыми (кварц, графит и др.), но встречаются минералы жидкие (ртуть, вода) и газообразные (сероводород, углекислый газ).

К настоящему времени известно несколько тысяч минералов, однако лишь около 50 имеют широкое распространение. Они в основном и слагают горные породы.

Широко распространенные в земной коре минералы, являющиеся обязательной составной частью горных пород, получили название *главных*, или *породообразующих*, минералов. Главные минералы в составе определенной группы образуют более или менее постоянные сочетания и обуславливают основные свойства породы. Например, в гранитах породообразующие минералы различных групп составляют: полевые шпаты — до 60 %, слюды — до 15 %, кварц — 25...35¹ %; в составе мрамора преимущественное распространение имеет минерал кальцит (до 90...100 %) [2].

Минералы, не являющиеся неотъемлемой частью горной породы, получили название *второстепенных*, или *акцессорных*, минералов. Второстепенные минералы встречаются в небольшом количестве, но иногда оказывают существенное влияние на свойства пород. Например, наличие пирита (даже в количестве 1...2 %) в составе гранита делает последний не пригодным в качестве облицовочного камня, а щебня из гранита или диорита — в качестве заполнителя бетона.

В некоторых породах присутствуют случайные минералы, называемые *примесями*; роли в основных свойствах этих пород они почти никогда не играют.

Дисциплина «Инженерная геология» изучает наиболее важные породообразующие и некоторые акцессорные минералы, играющие существенную роль в формировании строительных свойств горных пород [1].

1.3. Генезис минералов

Рассмотрим *генезис* (от *греч.* происхождение, возникновение) минералов. Минералы образуются в сложных термодинамических и физико-химических условиях в недрах и на поверхности земной коры. Каждый отдельный минерал образуется при определенных температурах, давлении, концентрации минерального вещества. В связи с этим минералы устойчивы только в определенных условиях, при изменении которых происходит разрушение минералов и их переход в другие вторичные образования.

Минералы *магматического генезиса* образуются при остывании, дифференциации и кристаллизации магмы² и ее производных (газов, горячих водных растворов и др.). Процесс магматического минералообразования сложен и разнообразен; в нем выделяют дифференциацию и кристаллизацию магмы. При кристаллизации магмы в процессе остывания из расплава последовательно выпадают различные минералы, а при дифференциации — более тяжелые минералы, богатые окислами таких металлов, как железо, магний, хром и др., опускаются, а обогащенные кремнеземом, т.е. более легкие (легкие), — поднимаются.

При затвердении магмы:

- начинается ее кристаллизация при температуре около 1200 °С. При постепенном понижении температуры образуются пироксен (чаще всего авгит), амфибол (чаще роговые обманки), слюды (биотит, мусковит), полевые шпаты, кварц и параллельно — анортит, альбит;

- пегматитовый процесс приводит к формированию крупно- и гигантокристаллических пород в виде жил, где образуются полевые шпаты, кварц, слюды. Это постмагматический процесс, связанный с остыванием расплава;

- гидротермальным путем в различных трещинах, пустотах в виде жил образуются многочисленные гидротермалиты и рудные минералы — пирит и др.;

- вулканический процесс характеризуется образованием стекол различного состава (обсидиан), самородной серы.

¹ Петрографический кодекс России (утв. МПР РФ). — 2-е изд. — СПб. : ВСЕГЕИ, 2008. — 200 с.

² Магма (от *греч.* густая масса) — расплав сложного силикатного состава, содержащий следующие химические элементы, %: кислород — 47,0; кремний — 25,9; алюминий — 8,0; железо — 4,6; кальций — 3,0; магний — 1,9; натрий — 2,5; калий — 2,5; другие элементы — 1.

Минералы *осадочного*, или *экзогенного*, *генезиса* образуются в результате процессов, протекающих в верхней части земной коры или на ее поверхности. Под воздействием комплекса атмосферных, водных и других факторов (кислород, углекислый газ, микроорганизмы, вода и водные растворы различного состава, колебания температур, различная интенсивность солнечного излучения) минералы магматического генезиса существенно изменяются. В результате гидролиза, гидратации, окисления, растворения и других процессов они преобразуются в новые устойчивые соединения в химическом и физико-химическом отношениях. Процесс разрушения одних минералов и образования новых называется *выветриванием*, результатом которого являются такие вторичные минералы, как гидрослюды, каолинит, монтмориллонит, сульфаты, коллоидные окислы и гидроокислы железа и кремния (лимонит, опал и многие другие).

В процессе жизнедеятельности животных, растительных организмов, а также микроорганизмов, особенно в мелководных заливах морей, образуется ряд биогенных минералов, таких, например, как лимонит, глауконит, опал.

К экзогенному способу образования минералов относится также кристаллизация минеральных солей из водных растворов в озерах и морских заливах в периоды интенсивного испарения воды, когда раствор становится перенасыщенным. Это происходит в областях с жарким, засушливым климатом, поэтому минералы, образовавшиеся здесь (галит, гипс, ангидрит, кальцит и др.), являются индикаторами засушливого климата, что широко используется при палеогеографических реконструкциях.

Минералы *метаморфического генезиса* образуются в результате воздействия высоких температур, больших давлений и флюидов³ на минералы магматического и осадочного генезиса. Возникающие новые физико-химические условия энергично преобразуют минералы. Метаморфические минералы имеют преимущественно силикатный состав. К их числу относятся серпентин, асбест, хлорит, тальк, актинолит, родонит, гранат и др. [3, с. 8–10].

В земной коре минералы находятся преимущественно в кристаллическом состоянии и лишь незначительная часть — в аморфном. Различие между кристаллическим и аморфным состояниями вещества заключается в том, что в кристаллическом теле ионы и атомы располагаются в определенном, характерном для данного вещества порядке, который диктуется его кристаллической решеткой. В аморфном веществе в расположении частиц нет никакой закономерности. Различие во внутреннем строении кристаллических и аморфных веществ вызывает различие их свойств. Прежде всего это выражается в том, что кристаллические вещества, как правило, анизотропны, а аморфные почти всегда изотропны.

Анизотропность, или *анизотропия* — фундаментальное качество кристаллических веществ, которое выражается в различии их свойств в разных направлениях, так как в кристаллическом веществе связи между частицами могут быть различны в этих направлениях. *Изотропность* проявляется в статистически одинаковых свойствах веществ во всех направлениях.

К числу характерных свойств большинства кристаллических минералов относится их способность образовывать кристаллы (свойство самоограничения). Это означает, что каждому минералу присуща своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей решетки, химического состава и условий его образования. В кристалле различают следующие элементы: грани или плоскости, ограничивающие кристаллы; ребра — линии пересечения граней; вершины — точки пересечения ребер; гранные углы — углы между гранями. Вершины кристаллов соответствуют узлам пространственной решетки, ребра — рядам, а грани — плоским сеткам пространственной решетки.

Для всех кристаллов одного и того же вещества действует *закон постоянства гранных углов*: углы между соответствующими гранями кристалла минерала одинаковы и постоянны. Этот закон позволяет определить минералы даже по мелким обломкам кристаллов, если они хоть в какой-то мере сохраняют естественные грани.

Важным свойством кристаллического вещества является его *однородность*, которая проявляется в том, что любые части вещества имеют одинаковые свойства. Любой обломок графита в одном направлении легко расщепляется по параллельным плоскостям на листочки, а в других — с трудом ломается по неровным поверхностям. Это обусловлено одинаковым внутренним строением любого обломка.

Известны случаи, когда в различных природных условиях вещества одинакового химического состава образуют минералы, имеющие разное внутреннее строение и, следовательно, разные физические свойства. Такое явление называется полиморфизмом. В качестве примера полиморфного превращения можно привести две минеральные модификации углерода — графит и алмаз.

³ Флюиды (от *лат.* текучий) — жидкие или газообразные компоненты магмы или циркулирующие в глубинах земной коры насыщенные газами растворы. В их составе, предположительно, преобладают перегретые пары воды, фтор, хлор, углекислота и многие другие элементы и соединения.

1.4. Классификация минералов

В процессе практического ознакомления с минералами изучается их классификация по химическому составу, отражающая особенности возникновения минералов и формирования их свойств.

Минералы классифицируются по различным принципам: по происхождению, химическому составу, кристаллохимическим и кристаллографическим особенностям, сопротивляемости к выветриванию, растворимости и др.

Наиболее важной с инженерно-геологической точки зрения является классификация минералов по *химическому составу*. В практическом плане такая классификация дает возможность судить о генетических особенностях минералов и формировании их основных свойств [4, с. 4–5].

Значительные возможности для уточнения генезиса минералов, установления их структуры и формирования свойств открывает *кристаллохимическая классификация*. В соответствии с ней для характеристики типа строения минерала его химический состав изображается структурной химической формулой. Например, оливин (Mg, Fe)·[SiO₄] содержит в своем составе ортокремневые соединения магния или железа. В кристаллических решетках минералов одни ионы (или их группа) могут изоморфно замещаться другими. Изоморфно замещающиеся элементы разделяются запятыми и записываются в круглых скобках, а постоянный радикал — в квадратных.

Широкие перспективы для уточнения генезиса минералов, установления их структуры и влияния на свойства открывает кристаллохимическая классификация. В соответствии с этой классификацией, как было показано выше, для характеристики типа строения минерала его состав изображается структурной химической формулой (например, K[Si₃Al₂O₈]).

Химическая классификация основана на эмпирически полученных формулах, отображающих соотношение химических элементов в составе данного минерала. Она базируется на химическом составе анионной части соединения, т.е. в ее основу положена предпосылка, что металлоидная часть минералов позволяет лучше группировать их в сходные «классы», так как обуславливает ряд внешних признаков: кристаллическую форму, оптические свойства и др.

Сокращенная химическая классификация минералов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация наиболее распространенных минералов по химическому составу

Класс	Группа	Подгруппа	Вид
Силикаты	Алюмосиликаты	Полевые шпаты	Ортоклаз, плагиоклазы
		Фельдшпатоиды	Нефелин, лейцит
		Слюды	Мусковит, биотит
	Метасиликаты	Пироксены	Авгит
		Амфиболы	Роговая обманка, актинолит
	Ортосиликаты	—	Оливин
Вторичные силикаты	Глинистые минералы	Тальк, серпентин, асбест, хлорит, родонит, хризолит, каолинит, монтмориллонит, гидрослюды (иллит, глауконит)	
Карбонаты	—	—	Кальцит, доломит, магнезит
Оксиды	—	—	Вода, кварц, кремний, гематит, халцедон, корунд
Гидрооксиды	—	—	Лимонит, опал
Сульфаты	—	—	Ангидрит, гипс, мирабилит
Сульфиды	—	—	Пирит, марказит, халькопирит, киноварь
Галоиды	—	—	Галит, сильвин, флюорит
Фосфаты	—	—	Апатит, фосфорит
Вольфраматы	—	—	Вольфрамит, шеелит, ферберит
Самородные элементы	—	—	Графит, сера, серебро, золото, медь

Последовательность классов в таблице дана в соответствии с распространенностью минералов в земной коре. Наиболее распространены минералы класса силикатов.

Приведем краткую характеристику выделенных классов минералов по их количественному соотношению в земной коре и преимущественному пути образования:

- *силикаты* — наиболее многочисленный класс, включающий свыше 600 минералов. В количественном отношении силикаты составляют по весу не менее 85 % всей земной коры. Их образование (за исключением вторичных) идет преимущественно из магматических расплавов и, таким образом, генетически предшествует почти всем минералам;

- *карбонаты* — к ним относятся более 80 минералов. Наиболее распространены кальцит, магнетит, доломит. Происхождение в основном экзогенное и связано с водными растворами. Слабо устойчивы к выветриванию, разрушаются в кислотах, слабо растворимы в воде;

- *оксиды и гидроксиды* — объединяют около 200 минералов, на их долю приходится до 17 % всей земной коры. Наиболее распространены кварц, опал, лимонит. Происхождение как магматическое, так и экзогенное;

- *сульфаты* — этот класс объединяет до 260 минералов. Их происхождение связано с реакциями в водных растворах как на поверхности, так и в недрах земли. Сравнительно хорошо растворяются в воде. Наибольшее распространение имеют гипс и ангидрит;

- *сульфиды* — насчитывают до 200 минералов, не относящихся к минералам массового распространения. Большинство сульфидов образуется из гидротермальных растворов, но встречаются сульфиды магматического происхождения. В зоне выветривания сульфиды разрушаются, поэтому примеси сульфидов в строительных материалах снижают их качество;

- *галоиды* — объединяют около 100 минералов. Происхождение экзогенное, связано в основном с реакциями в водных растворах. Наиболее распространен галит. Галоиды входят в состав осадочных горных пород и хорошо растворимы в воде.

Минералы классов фосфатов, вольфрамов и самородных элементов встречаются довольно редко, в строительной практике применяются мало и поэтому в данном пособии не рассматриваются (за исключением серы и графита).

1.5. Методика визуального определения порообразующих минералов

В основу визуального метода определения порообразующих минералов положен принцип учета совокупности внешних признаков минерала и некоторых его свойств, являющихся диагностическими показателями, к которым относятся морфологические, механические, оптические, химические и другие особенности минералов.

Все кристаллические минералы отличаются заметно выраженным *габитусом* — определенными очертаниями, отображающими внутреннее строение минерала и условия его образования. По габитусу все минералы можно разделить на изоморфные зерна, вытянутые пластинки, иголки, волокна и др. Реже встречаются кристаллы с четко выраженными геометрическими формами в виде различных многогранников: кубов, призм, пирамид, моноэдров, диэдров, тетраэдров, гексаэдров и др. В природе минералы могут встречаться в виде одиночных кристаллов, их сростков (друзы, щетки), а также минеральных агрегатов.

Одиночные кристаллы представляют собой четко выраженный геометрический многогранник, который формируется в условиях медленной кристаллизации и свободного роста в пространстве. Наиболее распространены одиночные кристаллы горного хрусталя, гипса, кальцита, полевых шпатов и некоторых других минералов.

Двойник — два кристалла, сросшиеся в определенном направлении. Наиболее характерным примером является двойник гипса — «ласточкин хвост».

В зависимости от условий образования и химического состава минералы нередко образуют весьма характерные по виду естественные скопления зерен или кристаллов, называемые *минеральными агрегатами* [4, с. 5–6].

Отметим наиболее типичные из них:

- *дендриты*, получаемые при быстрой кристаллизации минералов, когда отдельные кристаллы нарастают друг на друге, образуя фигуры, напоминающие ветви дерева (самородная медь, серебро, лед на стенке и др.);

- *друзы* — сростки кристаллов, прикрепленных одним концом к общему основанию, благодаря чему у них огранены только свободные концы (горный хрусталь и др.). Друзы, в которых все кристаллы растут в одном направлении, называются *щетками*;
- *конкреции* — округлые (шаровидные, сплюснутые, яйцеобразные) и другой формы минеральные скопления, образующиеся в пористых осадочных породах, где происходит стяжение минерального вещества к отдельным точкам — центрам. Кристаллы нарастают при этом в виде радиально расположенных лучей, а концы их образуют сферические очертания конкреции. Наиболее часто в виде конкреций встречаются фосфорит, пирит, кремень;
- *жеоды* — скопления кристаллов на стенках пустот в горных породах. Рост кристаллов происходит от стенок к центру пустот. Чаще всего встречаются жеоды, заполненные («выполненные») халцедоном, горным хрусталем, аметистом, минералами кальцита;
- *оолиты* — шаровидные или эллипсоидные образования, имеющие в разрезе концентрическое строение. Оолиты получаются, когда минеральное вещество осаждается из раствора вокруг какого-либо центра кристаллизации (песчинка, к примеру), покрывая его как бы скорлупками, налегающими одна на другую. Оолитовое строение имеют оолитовые известняки, железные и марганцевые руды морского происхождения и другие горные породы;
- *натечные формы* — минеральные образования в виде сосулек (сталактиты, сталагмиты), корочек сложного строения, почковидных натечков и т.д. Сталактиты и сталагмиты часто встречаются в пещерах среди известняков. Сросшиеся сталактиты и сталагмиты называют сталагматами;
- *псевдоморфозы* — необычные для данного минерала формы кристаллов, возникающие при замещении одних минералов другими в результате реакции обменного характера. Новообразованный минерал воспринимает кристаллическую форму, а иногда и внутреннее строение старого минерала. Например, лимонит при замещении пирита нередко приобретает форму куба.

1.6. Диагностические показатели минералов

К диагностическим показателям относятся внешние признаки минералов, видимые невооруженным глазом. Наиболее существенное значение имеют такие признаки минералов, как строение, спайность, излом, твердость, блеск, цвет, прозрачность и др.

Часто минералы, образующие кристаллы, характеризуются хорошо выраженным габитусом (от *лат.* облик, внешность), т.е. определенными очертаниями, указывающими на преобладающее развитие тех или иных простых форм. Например, мы можем говорить о кристалле, имеющем изоморфный, вытянутый, игольчатый, уплощенный и другой габитус. Реже встречаются кристаллы с четко выраженными геометрическими формами в виде многогранников, таких как тетраэдры, гексаэдры, октаэдры, призмы, пирамиды и др.

Основными диагностическими признаками при изучении минералов являются морфометрические (морфологические), механические, физические и химические.

При изучении *морфометрических* диагностических признаков необходимо:

1) определить *форму* кристаллов минералов — один из признаков, определяемых их строением и зачастую позволяющих распознать многие из них. Например, у галита кристаллы в форме гексаэдра (куба), у кальцита — ромбоэдра, некоторые минералы можно определить только по габитусу, например горный хрусталь, образующий шестигранные призмы, с торцов завершающиеся пирамидами (рис. 1).



Рис. 1. Облик минералов:
a — кубический (пирит); *b* — ромбоэдрический (кальцит); *v* — гексаэдрический (изумруд); *z* — пластинчатый (ортотлаз)

Большинство кристаллических минералов обладают анизотропностью, что объясняется особенностью строения кристаллической решетки, в которой существует разница в расстояниях между ее узлами по различным направлениям. Аморфные минералы всегда изотропны и не являются устойчивыми системами, в соответствующих термодинамических условиях они могут перейти в кристаллическое состояние, например, опал — халцедон — кварц;

2) определить *характер срастания* минералов. В природе минералы могут встречаться в виде одиночных кристаллов и их сростков (друзы, щетки), а также минеральных агрегатов (зернистых, игольчатых, листоватых, пластинчатых, конкреций, жеод и др.) (рис. 2).

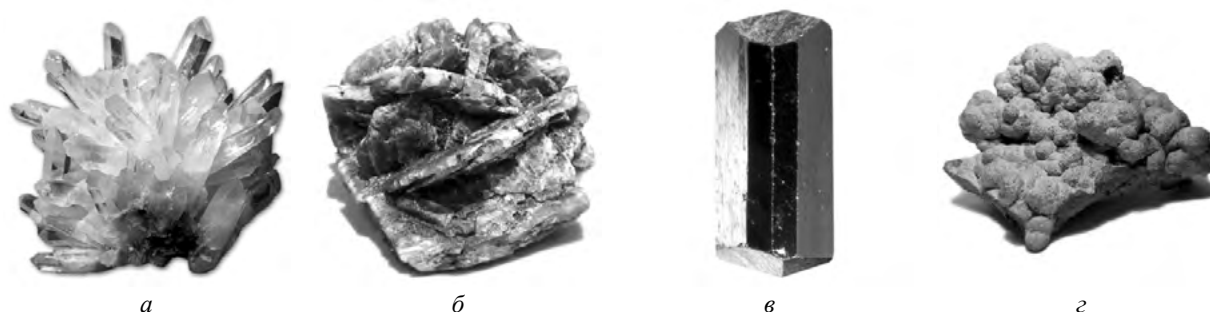


Рис. 2. Характер срастания минералов:

a — друза (кварц); *б* — агрегаты (плагиоклазы); *в* — одиночный кристалл (турмалин); *г* — натечные формы (лимонит)

Изучая *механические* диагностические признаки минералов, следует:

1) определить *спайность* минералов, т.е. их способность раскалываться или расщепляться при ударе с образованием четко выраженных и ориентированных блестящих поверхностей — плоскостей спайности. Это свойство минералов обусловлено их внутренней кристаллохимической структурой и отражает силу сцепления между ионами в кристаллической решетке, зависящую от характера связи и расстояния между ними. В связи с последним спайность, проявляясь в пространстве, ориентирована по направлениям:

- в одном направлении — мусковит, гипс;
- в двух направлениях — большинство силикатов;
- в трех направлениях — галит, кальцит, пирит.

В первых двух случаях минерал еще имеет излом.

Различают следующие виды спайности (рис. 3):

- весьма совершенная — минерал легко расщепляется с образованием одной плоскости спайности (биотит, мусковит);
- совершенная — при легких ударах минерал, раскалываясь, образует три плоскости спайности и, как правило, дает правильные ограненные формы (гексаэдры у галита, ромбоэдры у кальцита);
- средняя — минерал раскалывается на обломки, на которых обнаруживаются две плоскости спайности (роговая обманка, ортоклаз);
- несовершенная — спайность отсутствует, все обломки минерала неправильной формы (кварц, корунд);

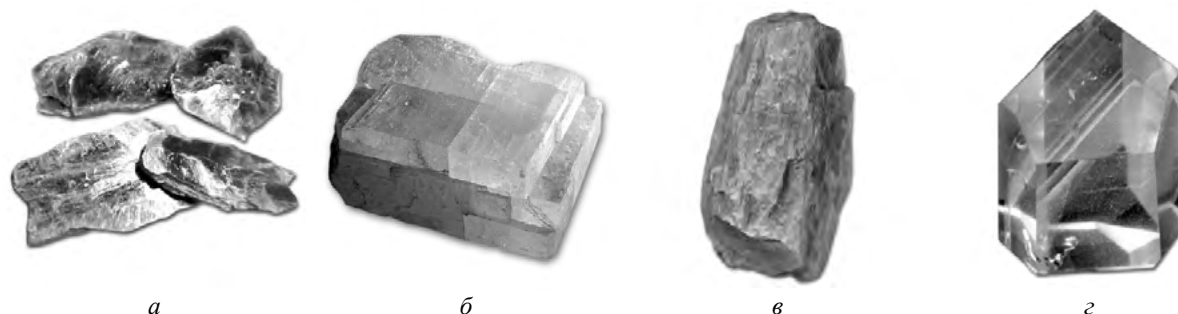


Рис. 3. Спайность минералов:

a — весьма совершенная (слюды); *б* — совершенная (кальцит);
в — средняя (ортоклаз); *г* — весьма несовершенная, или отсутствие спайности (кварц)

2) определить *излом* минералов, который в отличие от спайности не имеет правильных, ориентированных, блестящих поверхностей. При раскалывании или разламывании образуются следующие виды излома: ступенчатый (полевые шпаты); раковистый (кремень); неровный (кварц); занозистый (роговая обманка); волокнистый (асбест); землистый (каолинит) и др.;

3) определить *твёрдость* минералов, т.е. их способность сопротивляться истиранию. Это свойство связано со строением кристаллической решетки минерала. Анизотропные минералы в различных направлениях имеют разную твердость, изотропные — одинаковую.

Для оценки относительной твердости минерала существует шкала Мооса (специальный набор из 10 минералов — эталонов различной твердости), которая условно обозначается баллами от 1 до 10 (рис. 4).

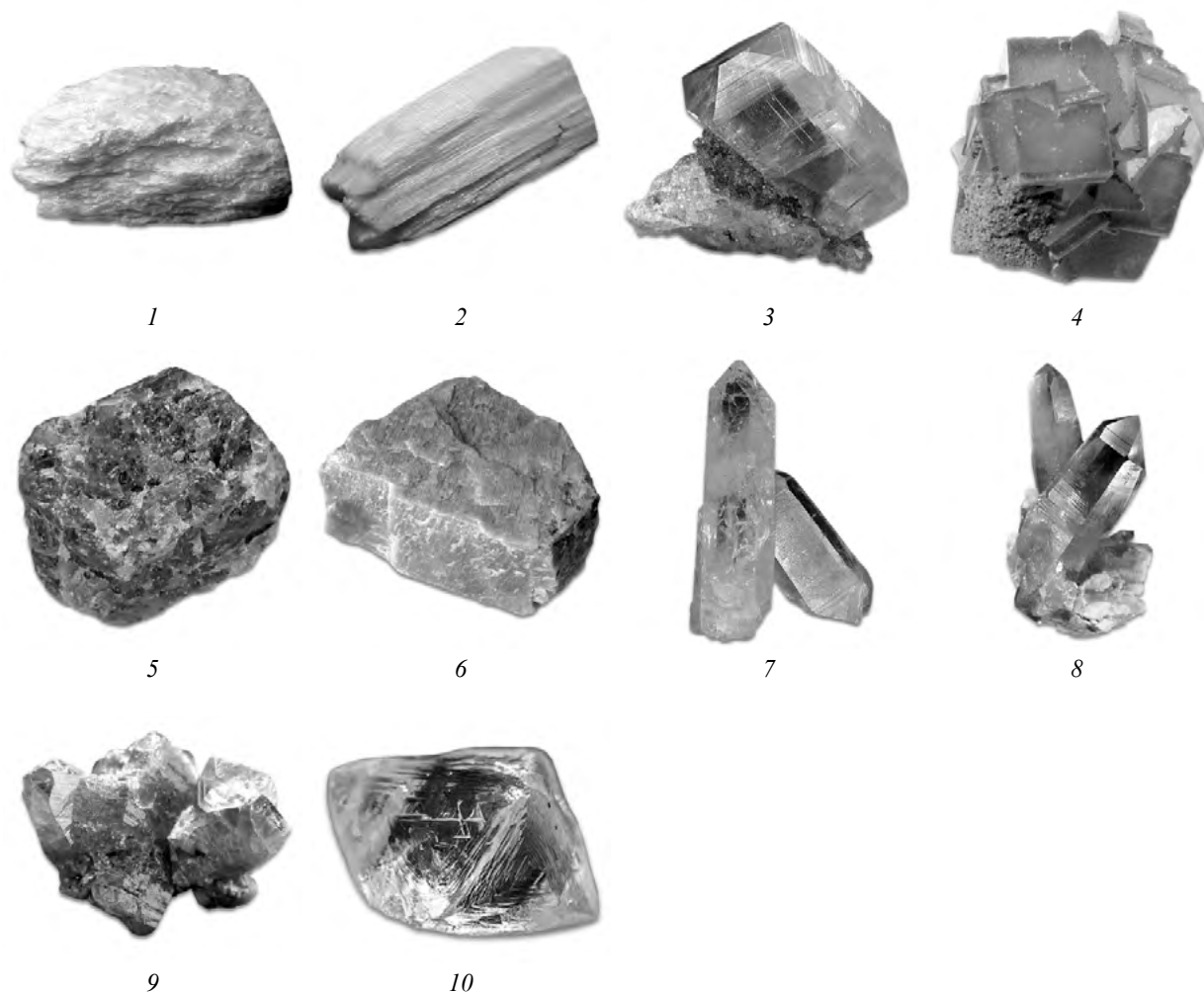


Рис. 4. Твердость минералов по шкале Мооса:
1 — тальк; 2 — гипс; 3 — кальцит; 4 — флюорит; 5 — апатит;
6 — ортоклаз; 7 — кварц; 8 — топаз; 9 — корунд; 10 — алмаз

Используя шкалу Мооса, можно сравнить минералы. Царапаньем их друг о друга определяют твердость — более твердые оставляют след на более мягких.

В полевых условиях для определения относительной твердости можно использовать различные легкодоступные предметы с известной твердостью: например, твердость ногтя равна 2...2,5, медной монеты — 3, стекла — 5...5,5, стального ножа — 5,5...6.

В природе преобладают минералы с твердостью от 2 до 7. Для определения твердости минерала необходимо выбрать небольшую ровную поверхность на исследуемом образце и провести ее опробование с помощью эталонов из шкалы Мооса с небольшим усилием. Твердость испытываемого образца минерала определяют по наличию царапины на нем (табл. 2) [1].

Шкала твердости минералов

Относительная шкала Мооса		Истинная твердость по отношению к корунду, %	Качественная шкала твердости (определение относительной твердости минералов подручными средствами)
Эталонные минералы	Твердость		
Тальк	1	0,003	Мягкие — чертятся ногтем
Гипс	2	0,014	
Кальцит	3	0,026	Средние — чертятся медной монетой, гвоздем, иглой, стальным ножом
Флюорит	4	0,075	
Апатит	5	0,123	
Ортоклаз	6	2,5	Твердые — царапают стекло
Кварц	7	15	
Топаз	8	45	Очень твердые — режут стекло
Корунд	9	100	
Алмаз	10	15 000	

Точная (абсолютная) твердость минералов определяется на специальном приборе — *микротвердомере (склерометре)*. Она существенно отличается от значений по шкале Мооса. Так, твердость алмаза в несколько тысяч раз больше твердости талька.

Большинству минералов свойственна анизотропия твердости, но, как правило, обнаружить ее можно лишь точными измерениями. Исключение составляют кианит (дистен): его твердость вдоль удлинения кристаллов — 5,5, а в поперечном направлении — до 7.

При изучении *оптических* признаков минералов необходимо:

1) определить *цвет* минералов, который зависит от их структурных особенностей, присутствия в них красящих элементов (хромофор) и механических примесей. Благодаря хромофорным примесям цвет одного и того же минерала может быть различным, поэтому следует различать собственную (идиохроматическую) и чуждую (аллохроматическую) окраски. Для точной оценки цвета минерала изучать его необходимо на свежем изломе, так как на поверхности он может измениться в результате выветривания, что особенно заметно у сульфидов (пирит);

2) определить *цвет черты* минерала, т.е. цвет минерала в порошке, который определяется трением минерала по шероховатой (матовой) фарфоровой пластинке («бисквиту»). Необходимость определения цвета черты обусловлена тем, что многие минералы в порошке имеют иной цвет, чем в куске. Некоторые минералы дают характерную черту: например, пирит в куске соломенно-желтый, а в порошке — почти черный; гематит свинцово-черный, а в порошке — кроваво-красный;

3) определить *блеск* минералов, который зависит от количества отраженного от них света. Различают блеск металлический, металлоидный (гематит) и неметаллический. Блеск имеет много разновидностей: алмазный (алмаз, сера); стеклянный (гипс, кальцит); жирный (сера, нефелин); восковой (халцедон); перламутровый (слюды, ортоклаз); шелковистый (роговая обманка); шелковый (асбест); матовый (каолинит) [1].

Приведем краткие характеристики некоторых видов блеска:

- **металлический** — как у железа, стали, золота, серебра на полированной поверхности. Свойствен самородным металлам, большинству сернистых минералов и оксидам железа, связан с непрозрачностью минерала. В силу этого цвет черты минералов с металлическим блеском черный или темноокрашенный (исключения: медь дает темно-красную черту, золото и медный колчедан — зеленоватую, серебро — серебристо-белую);

- **металлоидный** — как у потускневших от времени металлов. Минералы с металлоидным блеском (лимонит, железная и цинковая обманка и др.) дают черту более светлую, но более интенсивно окрашенную по сравнению с металлическим;

- **неметаллический** — наблюдается у минералов прозрачных и просвечивающих по краям. Эти минералы дают белую или светлоокрашенную черту. Неметаллический блеск имеет несколько разновидностей:

- алмазный — свойствен прозрачным и полупрозрачным минералам с большим показателем преломления (алмаз, киноварь, цинковая обманка);

- стеклянный — поверхность минерала блестит, как стекло (но слабее, чем алмазный), характерен для многих прозрачных минералов (кварц, гипс, кальцит и др.);

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru