

Свойства минералов

Людмила Евгеньевна Жаданова,
педагог дополнительного образования Дворца детского
(юношеского) творчества, г. Пермь

Целевое назначение учебного пособия для педагогов дополнительного образования геологического направления — обеспечить учителей и учащихся материалом, необходимым для освоения и определения основных свойств минералов на занятиях в геологических кружках и школе.

За многолетний период работы во Дворце детского (юношеского) творчества автором накоплен опыт преподавания минералогии в геологическом объединении. Для удобства преподавания курса «Минералогия» были написаны учебные, учебно-методические пособия и создано электронное пособие «Определитель минералов» и демонстрационные и раздаточные коллекции минералов, которые позволили более качественно проводить учебные занятия педагогам дополнительного образования. Предлагаемое учебное пособие будет полезно начинающим педагогам дополнительного образования, поможет учителям географии, не имеющим геологического образования, быстро подготовиться к учебным занятиям, а юным геологам — освоить тему. Знание и понимание свойств минералов позволят юным геологам в дальнейшем легко освоить тему «Классификация минералов» и успешно определять их.

Учебное пособие может быть использовано для проведения занятий о свойствах минералов по курсу «Минералогия» педагогами дополнительного образования, руководителями геологических кружков, учителями географии и юными геологами. Оно содержит обобщённые данные, соответствующие современным представлениям, и сопровождается фотографиями, для которых были использованы образцы минералов геологического объединения Дворца детского (юношеского) творчества. Автор фото — А.А. Гордеев.

Понятие «минерал»

Минералогия принадлежит к числу геологических наук. Название этой науки в буквальном смысле означает «учение о минералах», которое охватывает все вопросы о минералах, включая их происхождение. Термин **минерал** происходит от старинного слова «минера» (от лат. *minera* — руда, ископаемое). Это указывает, что его появление связано с развитием горного промысла¹.

Было много попыток точно охарактеризовать это понятие, но все они в различной мере страдают неточностью или неопределённостью. На протяжении всей истории минералогии вопрос об определении содержания понятия «**минерал**» дис-

¹ Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие; под науч. ред. Б.И. Пирогова и Б.Б. Шкурского. М.: КДУ, 2008.

кутировался, так что круг объектов этой науки неоднократно менялся и его границы нельзя считать окончательно установленными.

Минерал — термин, имеющий несколько определений.

В.И. Вернадский (1923): «Физический или химический индивидуализированный продукт земных химических реакций, состоящий из химических молекул».

А.К. Болдырев (1926): «Химическая и физическая вполне или приблизительно однородная составная часть земной коры, у которой химический состав и главные физические свойства в разных её точках постоянны или колеблются в определённых, сравнительно узких пределах».

Григорьев (1943): «Минералы — это продукты природных процессов химического и физического характера, получившие химическую индивидуализацию в виде простых тел, соединений или смесей таковых в одном из состояний — каком-либо кристаллическом, жидком, газовом».

Соболев (1947): «Твёрдые однородные (в физико-химическом смысле) составные части земной коры, образовавшиеся в результате геохимических процессов».

Наиболее существенное разногласие в толковании понятия «минерал» касается вопроса об агрегатном состоянии вещества. Большинство относит к минералам лишь твёрдые продукты, а В.И. Вернадский — «также жидкости и газы». Второстепенное значение имеют разногласия по поводу отнесения к минералам некоторых продуктов органического происхождения, силикатных стёкол и т. п. Определения минерала, с одной стороны, как продукта геохимических реакций, с другой — как составной части земной коры, представляют собой лишь разные формулировки одной мысли В.И. Вернадского. Все приведённые определения указывают на геологическую природу минерала. Однако ряд учёных, не определяя точных границ понятия, относит к минералам также некоторые продукты технического процесса².

В зависимости от возраста учащихся рекомендуется давать такие определения минерала, как:

- Минерал — природное тело, образующееся в результате геологических процессов, происходящих на поверхности или внутри Земли.

- Минерал — природное химическое соединение, возникшее в результате физико-химических процессов, протекающих в земной коре, в водной оболочке или атмосфере, а также в результате взаимодействия между ними.

Известно около 2200 минералов, а число их названий с разновидностями — более 4000. Широко распространённых в при-

² См.: Кантор Б.З. Минерал рассказывает о себе. М.: Недра, 1985.



роде минералов насчитывается около 450 видов, остальные встречаются редко³.

Названия минералам даются по характерным физическим свойствам, химическому составу или по месту, где они были обнаружены. Многие минералы названы в честь учёных, открывших или описавших их, а также путешественников, лётчиков, космонавтов.

Разнообразие минералов всегда поражает, и мы даже начинаем думать, что их бесконечное множество. Но по-настоящему минералов не так уж много, во всяком случае гораздо меньше, чем искусственных веществ. Многоликость минералов долгое время сбивала с толку даже специалистов. Прошли столетия, прежде чем появились способы надёжно различать минералы и отличать их от не минералов. С тех пор минералогии бдительно следят за порядком в своём реестре и безжалостно исключают из него всё, что не подходит под строгое определение минерала.

Но, как давно замечено, ввести определение куда проще, чем применять его на практике. И дело не только в технических трудностях. Природа сложна, рамки научного термина ей порой узковаты. Все неорганические продукты природных реакций — химические вещества, какие же из них не являются минералами? Логично исключить жидкости и газы: они не обладают кристаллическим строением. А как быть с самородной ртутью? Это индивидуальное химическое вещество, оно образуется при определённых геологических процессах, встречается в земной коре в характерной обстановке (правда, не совсем такой, как в фантастическом рассказе И.А. Ефремова «Озеро горных духов») и отвечает всем общепринятым представлениям о минералах, кроме одного: при обычной температуре это жидкость. Некоторые твёрдые природные вещества, как обыкновенный опал, традиционно считающиеся минералами, тоже, как выяснилось, не имеют кристаллического строения. Но таких веществ набирается немного, и пока удобнее сделать для них исключение, оставив в списках минералов. Однако нет смысла делать такое исключение для воздуха, природных вод, нефти, горных пород, окаменелостей: по целому ряду специфических качеств целесообразно выделить их в отдельные категории природных объектов⁴.

Свойства минералов

Минералы как физические тела обладают такими свойствами, как цвет, цвет черты, твёрдость, удельный вес, магнитность и др. В зависимости от химического состава и кристаллической

³ Гумилевский С.А. и др. Кристаллография и минералогия. М.: Высшая школа, 1972.

⁴ Миловский А.В. Минералогия и петрография. М.: Недра, 1979.

структуры эти свойства у различных минералов проявляются по-разному. Наиболее простой и распространённый метод изучения минералов — знакомство с ними по внешним признакам, то есть микроскопически. Каждый минерал характеризуется какими-либо особыми признаками, по которым его можно всегда отличить от других, не прибегая к более трудоёмким исследованиям (химическому анализу, рентген анализу и другим).

Мы предлагаем рассмотреть главнейшие свойства минералов, которые имеют наибольшее диагностическое значение при их визуальном определении. К этим свойствам относятся следующие:

- **морфологические особенности** — облик кристаллов, габитус, кристаллические двойники, минеральные агрегаты, штриховка на гранях;
- **механические** — спайность, отдельность, излом, твёрдость, хрупкость, ковкость, гибкость, упругость; а также такие свойства, как удельный вес, магнитность, и другие.
- **оптические** — цвет минерала, цвет черты, блеск, люминесценция, прозрачность, двупреломление⁵.

Морфологические особенности минералов

В природе минералы в главной своей массе распространены в виде неправильной формы зёрен, не имеющих кристаллических граней, но обладающих независимо от своей формы и размеров внутренним кристаллическим строением. Хорошо образованные кристаллы, то есть индивиды, ограниченные естественными гранями, встречаются несравнимо реже. Находки их представляют интерес в том отношении, что в распоряжении исследователя оказывается больше признаков, по которым может быть определён минерал. Существуют даже специальные определители минералов по их кристаллографическим формам.

Морфология кристаллов и учение о симметрии подробно излагаются в специальных курсах кристаллографии. В данной работе рассмотрены некоторые общие особенности морфологии кристаллов и их граней, имеющие практическое значение при определении минералов.

Облик кристаллов. Облик кристаллов в минералогии и кристаллографии — это общий вид кристалла. Облик кристалла определяется по соотношению размеров по трём главным осям. Исходя из этого выделяют следующие основные типы:

— **Изометрические формы**, то есть формы, одинаково развитые во всех трёх направлениях в пространстве. Примером их

⁵ К сожалению, чёрно-белая печать издания не позволяет показать всю красоту и многоцветье минералов. Редакция ограничивается публикацией лишь тех фотографий, которые можно рассматривать в чёрно-белом варианте. Приносим наши извинения автору и читателям. — Ред.



могут служить кубы пирита (рис.1), октаэдры магнетита (рис. 2), ромбододекаэдры граната (рис. 3) и другие, а также различное сочетание этих простых форм.

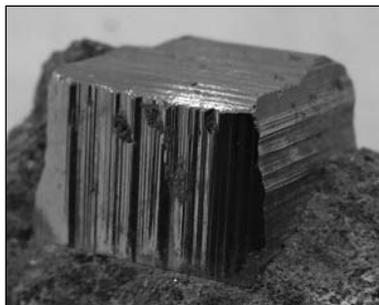


Рис. 1. Куб пирита



Рис. 2. Октаэдры магнетита



Рис. 3. Ромбододекаэдр граната



Рис. 4. Кристаллы аквамарина

— **Формы, вытянутые в одном направлении**, то есть призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые образования. Например, кристаллы турмалина, аквамарина (рис. 4), антимонита (рис. 5) и другие.



Рис. 5. Кристалл антимонита

— **Формы, вытянутые (уплощённые) в двух направлениях при сохранении третьего короткого.** Сюда следует отнести таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы. Примером могут служить слюды, хлориты, молибденит (рис. 6), графит. Широко распространены и переходные между этими основными типами формы. Таковы, например, дощатые кристаллы дистена, имеющие промежуточную между вторым и третьим типами (уплощённые столбчатые кристаллы); бо-

чонковидные кристаллы корунда, как промежуточная форма между первым и вторым типами.

Габитус. Габитус (от лат. *habitus* – внешний) – наружный вид кристаллов, определяемый преобладающим развитием граней тех или иных кристаллографических форм⁶. Например, кристаллы галенита обычно встречаются в виде кубов, у которых иногда углы слегка притуплены гранями октаэдра, реже кубооктаэдров и изредка – октаэдров, слегка притуплённых гранями куба. Общая форма (облик) для всех из них изометрическая, однако габитус кристаллов различен: у первого преобладают грани куба, у третьего, наоборот, преимущественно развиты грани октаэдра, а у второго те и другие образованы в одинаковой степени⁷.

Для ряда минералов форма кристаллов – важнейший диагностический признак. Например, призматические кристаллы кварца, усечённые гранями ромбоэдра и трапецоэдра, всегда легко узнаются независимо от того, в какой цвет они окрашены, или кубические и пентагон-додекаэдрические кристаллы пирита, октаэдрические кристаллы магнетита и другие.

При характеристике формы минералов также учитывают двойники, штриховку на гранях.

Кристаллические двойники. Двойниками называются закономерные срастания двух кристаллов, из которых один может быть выведен из другого посредством поворота на 180° или отражением в некоторой плоскости (двойниковая плоскость)⁸.

Образование двойников может происходить:

- путём срастания зародившихся кристалликов в растворе при их соприкосновении во время роста;
- в связи с механическими воздействиями (при одностороннем внешнем давлении);
- при полиморфных превращениях кристаллического вещества;
- при нарушении порядка следования слоёв в плотноупакованных структурах⁹.

Двойники разделяются на двойников срастания и двойников прорастания.

⁶ Кантор Б.З. Минерал рассказывает о себе. М.: Недра, 1985.

⁷ Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие; под науч. ред. Б.И. Пирогова и Б.Б. Шкурского. М.: КДУ, 2008.

⁸ Гумилевский С.А.и др. Кристаллография и минералогия. М.: Высшая школа, 1972.

⁹ Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие; под науч. ред. Б.И. Пирогова и Б.Б. Шкурского. М.: КДУ, 2008.



Рис. 6. Молибденит



В двойниках сростания кристаллы соприкасаются плоскостью, которая называется «плоскостью сростания». В двойниках прорастания один кристалл прорастает в другой. Примером минералов с двойниковым сростанием могут служить коленчатые двойники рутила и касситерита, так называемые «ласточкины хвосты» гипса, примером прорастания — крестообразные двойники ставролита (рис. 7).



Рис. 7.
Крестообразный
двойник ставролита

Минеральные агрегаты. Совокупность нескольких минералов одного и того же происхождения называется *агрегатом*. Наиболее распространены разнообразные зернистые агрегаты. Землистые агрегаты характерны для порошковатых, рыхлых минералов, например каолинит. Различают шестоватые, волокнистые, пластинчатые, чешуйчатые и другие агрегаты.

Из прочих форм выделения минералов в природе можно выделить следующие:

Друзы. Они представляют собой незаконмерные сростки более или менее правильных кристаллов, имеющие общее основание. Например, друзы кварца (рис. 8), пирита и других минералов. Для их образования необходимы открытые полости, в которых может происходить свободный рост кристаллов. Щётки — правильные сростки мелких кристаллов (кальцит) (рис. 9).



Рис. 8. Друза горного хрусталя

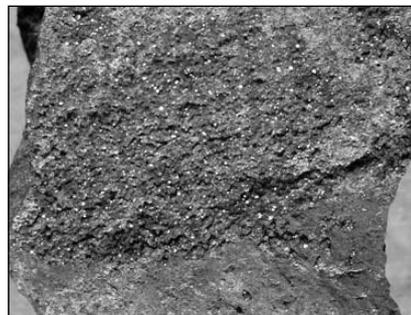


Рис. 9. Щётка уваровита

Конкреции. Они имеют вид желваков с радиально-лучистым строением. В центре конкреций чаще всего можно встретить органические остатки, вокруг которых концентрировалось органическое вещество. Рост конкреций связан с притоком вещества от периферии к центру, а рост кристаллов направлен от центра к периферии. Находятся чаще всего конкреции среди осадочных горных пород, например глин. Вид конкреций имеют фосфориты (рис. 10), сферосидерит, марказит и другие минералы.

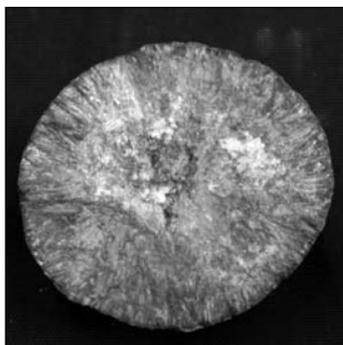


Рис. 10. Конкреция фосфорита

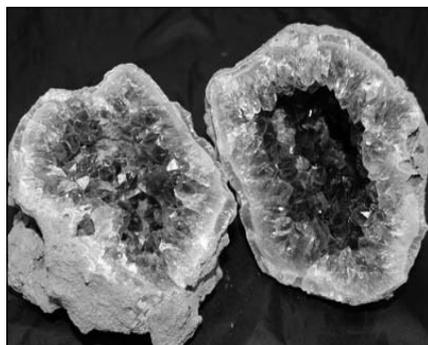


Рис. 11. Секреция аметиста

Секреции. Они представляют собой форму отложения минерального вещества в полостях, причём рост минералов происходит от периферии к центру. Чаще всего секреции имеют форму овала. Мелкие секреции в излившихся породах называются миндалинами. Если размер секреций более 1–2 см в диаметре, то это жеоды (рис. 11). Жеоды характерны для пегматитов, миндалины встречаются в базальтах и туфах.

Дендриты (от лат. «дендрос» — дерево). Они имеют ветвящееся древовидное строение, похожи на отпечатки растений. Они возникают путём проникновения растворов по тонким трещинам породы. Часто встречаются чёрные дендриты окислов марганца (рис. 12), а также самородной меди.

Оолиты. Представляют собой агрегат маленьких шариков, размер которых может быть от 0,05 мм до 2–3 см в диаметре. В разрезе шарики имеют концентрическое (реже радиально-лучистое) строение; в центре иногда можно увидеть песчинку или обломок раковины.

Оолиты образуются в водной среде, когда в определённых условиях растворённое вещество начинает группироваться вокруг песчинок, пылинок или пузырьков воздуха. Оолиты характерны для арагонита, боксита, лимонита, гематита (рис. 13)¹⁰.



Рис. 12. Дендриты окислов марганца в кристаллическом сланце



Рис. 13. Оолитовое строение гематита

¹⁰ Гумилевский С.А.и др. Кристаллография и минералогия. М.: Высшая школа, 1972.



Натёки и почковидные агрегаты. Они очень распространены среди поверхностных образований. Натёчные формы могут иметь вид сосулек, растущих сверху – сталактиты (рис. 15) и снизу – сталагмиты (рис. 16). Сталактиты и сталагмиты кальцита часто встречаются в карстовых пещерах среди известняков.

Различного вида натёки и почковидные агрегаты характерны для малахита, гематита (красная стеклянная голова), халцедона и других минералов (рис. 14).



Рис. 16. Сталагмит



Рис. 14. Почковидные агрегаты лимонита



Рис. 15. Сталактит

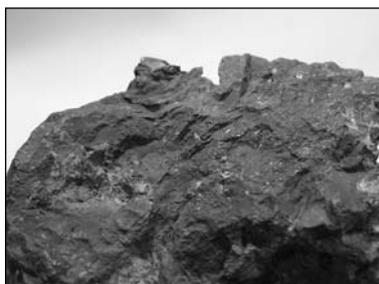


Рис. 17. Налёты охры на лимоните

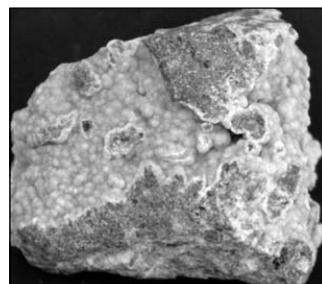


Рис. 18. Корочка штаффелита

Кроме указанных форм, минералы часто выделяются в виде **налётов, выцветов, корочек**, обычных для поверхностных условий (рис. 17, 18).

В природе нередко один минерал замещается другим, а форма прежнего минерала, будь это кристалл или сферолит, полностью сохраняется, то есть минералы имеют не свойственную им форму. Подобные образования называются **псевдоморфозами** («псевдо» – чужой, «морфос» – форма).

Например, лимонит, который представляет собой смесь различных гидроокислов железа, встречается иногда в виде кубиков. Чаще всего лимонит принимает форму кубических кристаллов пирита. В таком случае образуется псевдоморфоза лимонита по пириту (рис. 19).

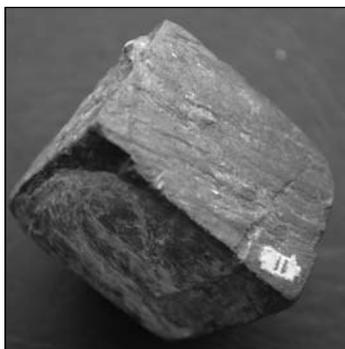


Рис. 19. Псевдоморфоза лимонита по пириту

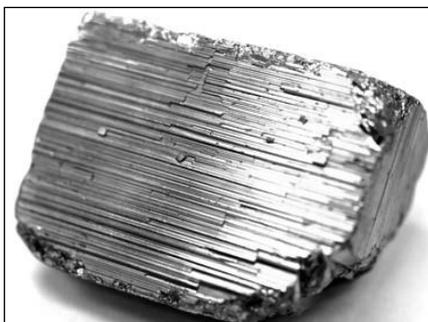


Рис. 20. Штриховка на гранях пирита

Штриховка на гранях. Штриховка является важным диагностическим признаком. У одних она видна вдоль вытянутости кристаллов, например у турмалина, у других – поперёк кристалла, например на призматических гранях кварца. Для кубических кристаллов пирита характерно, что штрихи одной грани расположены перпендикулярно по отношению к каждой соседней грани кристалла (рис. 20).

Оптические свойства

К оптическим свойствам минералов относятся цвет, цвет черты, блеск, прозрачность, двупреломление, люминесценция. Для некоторых минералов оптические свойства являются диагностическими признаками, например, двупреломление характерно для прозрачной разновидности кальцита, исландского шпата, вишнёво-красная черта, для гематита и т. д.

Цвет минерала

Минералы могут иметь самые различные цвета и оттенки. Одни имеют определённый цвет, по которому можно их безошибочно определить, например зелёный малахит, синий лазурит. Другие минералы, такие как турмалин, берилл, гранат, флюорит, кварц, могут быть различно окрашенными. Например, турмалин бывает чёрным, розовым, зелёным, бесцветным. Встречаются и такие турмалины, которые имеют разный цвет в одном и том же кристалле: один конец розовый, другой конец – зелёный. Это так называемые полихромные (многоцветные) турмалины. Истинный цвет минерала необходимо определять на свежем сколе.

В целом проблема окраски минералов очень сложна. Хотя наши познания в области причин появления окрасок кристаллических веществ благодаря большим успехам физики и кри-



сталлохимии в последнее время значительно продвинулись вперёд, всё же остаётся ещё очень много неясных вопросов.

Минералогии различают четыре главные особенности цветообразования минерала:

- окраска основной его массы так называемыми хромофорами, то есть элементами, дающими определённый тон;
- дефекты в кристаллической структуре, меняющие частоту спектра света, проходящего через такой камень;
- посторонние цветные включения часто настолько распылённые, что их можно обнаружить только под микроскопом; и интерференция света, вызывающая «игру света».

Первую более обстоятельную попытку обобщить имеющийся материал по этому вопросу и увязать окраску природных соединений с их кристаллохимическими особенностями сделал А.Е. Ферсман в своей книге «Цвета минералов» (1937 г.).

А.Е. Ферсман выделяет три типа окраски минералов:

- идиохроматическую;
- аллохроматическую;
- псевдохроматическую.

Идиохроматическая окраска — собственная окраска минерала («идиос» по-гречески означает «свой, собственный»). Она зависит от наличия в его кристаллической решётке окрашивающих ионов-хромофоров. В переводе на русский язык хромофоры означают «несущие цвет». Хромофорами чаще всего окрашены прозрачные и полупрозрачные драгоценные камни. К числу их, как давно было установлено, относятся следующие: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, т.е. элементы семейства железа, располагающиеся в центре таблицы элементов Д.И. Менделеева, разбитой по длинным периодам, и в меньшей степени — W, Mo, U, Cu и TR. Яркий представитель хромофоров — хром, само название которого указывает на эту особенность (по-гречески «хром» — «окраска, цвет»). Здесь уместно сказать об изумруде и уваровите, которым хром придаёт зелёный цвет. А вот рубин и пироп тот же хром окрашивает в красный цвет, и розовый топаз своим изящным нежным оттенком обязан также хрому, густо-синий насыщенный цвет кианита тоже вызван всё тем же многоликим хромом! Таким образом, цвет минерала зависит не только от того, каков тип окрашивающего его хромофора, но и от того, в каком количестве он входит в минерал и как его атомы располагаются в кристаллической решётке.

Аллохроматическая окраска — следствие наличия в минералах включений посторонних механических примесей («аллос» по-гречески — «посторонний»). Эта окраска изменчива и непостоянна. Известно немало примеров, когда один и тот же минерал окрашен в различные цвета и оттенки. Примером может служить горный хрусталь, который в чистом виде бесцветен, а при наличии некоторых примесей приобретает другие

тона — фиолетовую окраску (аметист), чёрную (морион), жёлтый (цитрин) и другие. Точно так же галит может обладать белым, серым, жёлтым, розовым и иногда синим цветом.

В большинстве случаев окраска в таких минералах связана с посторонними тонкорассеянными механическими примесями, окрашенными в тот или иной цвет хромофорами. Эти окрашивающие вещества могут быть представлены как неорганическими, так и органическими соединениями. Часто достаточно ничтожного количества их для того, чтобы вызвать интенсивное окрашивание бесцветных минералов, причём окраска зависит не только от количества, но и от степени дисперсности этих веществ. Наблюдается и более грубые дисперсии, то есть заметные на глаз рассеянные включения тех или иных минералов.

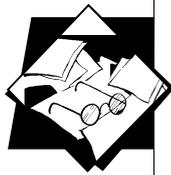
Например, буровато-красноватый авантюрин — кварц, содержащий тонкорассеянные чешуйки железной слюдки или обычной слюды, или зеленоватый празем — кварц с включением актинолита или хлорита.

Псевдохроматическая окраска связана с рассеиванием света, интерференцией световых волн (иризация, опалесценция, побежалость).

В некоторых прозрачных минералах иногда наблюдается «игра цветов», обусловленная интерференцией падающего света в связи с отражением его от внутренних поверхностей трещин спайности, иногда от поверхности каких-либо включений. Это явление нам хорошо знакомо по иризирующим плёнкам керосина, нефти, масла, плывущим по воде и окрашенным в различные «цвета радуги». Оно объясняется тем, что здесь интерферируют лучи света, отражённые от передней поверхности прозрачной плёнки (её границы с воздухом) и задней (поверхности раздела с водой). Подобные явления ложной окраски наблюдаются и в твёрдых прозрачных минералах. Прекрасным примером может служить поделочный камень лабрадорит, в котором, особенно на полированных плоскостях, при некоторых углах поворота, вспыхивают местами красивые синие переливы, обусловленные, очевидно, тонкопластинчатыми включениями других минералов, отличающихся по составу от основного.

Побежалость пёстрая или радужная — окраска приповерхностного слоя. Она объясняется появлением тонких поверхностных плёнок за счёт изменения, например, окисления минералов. Цвет плёнки отличается от цвета минерала. Побежалость наблюдается только у минералов с металлическим блеском. Яркие фиолетовые и синие отливы побежалости характерны для минерала борнита, жёлтая или радужная побежалость свойственна халькопириту.

Иризация и **опалесценция** — характерные цветные переливы, которые типичны, например, для лабрадора и опала.



Цвет минерала следует определять на свежем изломе, так как на поверхности он может измениться в результате выветривания, которое особенно легко затрагивает сернистые и мышьяковистые минералы.

Несмотря на такое разнообразие окраски ряда минералов, цвет всё же является одним из существенных признаков при их определении. Необходимо пользоваться им с осторожностью, учитывая всё разнообразие природной окраски минералов и руководствоваться в основном другими, более постоянными свойствами, в особенности твёрдостью, спайностью и кристаллической формой.

В ряде случаев окраска является настолько характерным признаком минерала, что не только позволяет определить его, но и даёт возможность судить относительно его химического состава. Так, все водные соли меди окрашены в зелёный или синий цвета, а чёрный или зеленовато-чёрный цвет силикатов может указывать на участие в составе этого минерала атомов железа в разных степенях валентности.

Умение определять минералы по цвету особенно важно для полевой разведочной работы, когда яркие цвета и налёты вторичных минералов первые останавливают внимание опытного разведчика на естественных выходах и обнажениях и являются признаками, по которым были открыты месторождения многих полезных ископаемых.

Изучение окраски минералов имеет не только диагностическое, но и большое генетическое значение. Между окраской минералов и историей их образования наблюдается теснейшая связь.

Нередки случаи, когда цвет того или иного минерала меняется в зависимости от условий его образования. Минералы глубинного происхождения, возникающие при высоких температурах, в большинстве случаев характеризуются тёмным, серым, однообразным цветом, тогда как минералы, образующиеся на поверхности земли из растворов, обычно светлые, прозрачные.

Последовательность выделения минералов при магматических процессах происходит в порядке понижения интенсивности окраски.

Было такое эмпирическое правило: сначала кристаллизуются тёмные руды и окрашенные минералы, потом бесцветные.

Цвет черты

Под этим термином подразумевается цвет минерала в порошке. Этот порошок мы получаем, когда проводим каким-либо испытуемым минералом черту на матовой поверхности фарфоровой пластинки, которая ещё называется бисквитом. Порошок

в виде следа на бисквите окрашен в тот или иной цвет, характерный для данного минерала.

Этот признак более надёжный при диагностике.

Цвет черты часто совпадает с цветом самого минерала. Например, киноварь имеет красный цвет, окраска порошка тоже красная, у магнетита — чёрная окраска и чёрный цвет черты. Для других минералов характерно очень резкое различие цвета минерала и цвета в порошке, например, пирит имеет латунно-жёлтую окраску, а окраска в порошке чёрная.

Большинство прозрачных или полупрозрачных минералов обладают бесцветной (белой) или слабоокрашенной чертой. Поэтому наибольшее диагностическое значение цвет черты имеет для непрозрачных или полупрозрачных резко окрашенных минералов.

Если минерал имеет твёрдость больше шести, то он не имеет черты.

Блеск и показатель преломления

Блеск — один из важных диагностических признаков минералов, а для некоторых из них, например, драгоценных камней, имеет практическое значение, так как определяет достоинство самого минерала.

Блеск обусловлен тем, что световой луч, падая на поверхность минерала, частично отражается от его поверхности, частично преломляется или поглощается минералом. Этот отражённый свет и создаёт впечатление **блеска**. Определять его необходимо на поверхности свежего скола минерала. Интенсивность блеска, то есть количество отражённого света, тем больше, чем резче разница между скоростями света при переходе его в кристаллическую среду, то есть чем больше показатель преломления минерала. Блеск почти не зависит от окраски минералов.

Зная показатели преломления минералов, для подавляющего большинства минералов нетрудно вычислить показатель отражения света R по формуле Френеля:

$$R = \left(\frac{N - 1}{N + 1} \right)^2,$$

где R — показатель отражения; N — средний показатель преломления минерала по отношению к воздуху¹¹.

Давно установленные практически путём градации интенсивностей блеска минералов почти точно укладываются в следующую шкалу:

¹¹ См.: *Бетехтин А.Г.* Курс минералогии: учебное пособие; под науч. ред. Б.И. Пирогова и Б.Б. Шкурского. М.: КДУ, 2008.



1. Стекланный блеск, свойственный минералам с $N = 1,3-1,85$. Внешне стекланный блеск подобен отражению света от стекла. Примером могут служить: лёд ($N = 1,309$), кварц ($N = 1,544$); также многочисленные галоидные соединения, карбонаты, сульфаты; закончить можно такими минералами, как корунд ($N = 1,77$) и большинство гранатов (N до $1,85$).

Алмазный блеск, очень интенсивный, характерен для некоторых прозрачных минералов с $N = 1,85-2,6$. В качестве примеров следует привести циркон ($N = 1,92-1,96$), касситерит ($N = 1,99-2,09$), самородную серу с алмазным блеском на гранях ($N = 2,04$), сфалерит ($N = 2,3-2,4$), алмаз ($N = 2,40-2,46$), рутил ($N = 2,62$).

1. Полуметаллический блеск прозрачных и полупрозрачных минералов с показателями преломления $N = 2,6-3,0$. Примеры: куприт ($N = 2,85$), киноварь ($N = 2,91$).

2. Металлический блеск минералов с показателями преломления выше 3. В порядке возрастающей отражательной способности можно привести следующие примеры: гематит, пиролюзит (кристаллический), молибденит, антимонит, галенит, халькопирит, пирит, висмут и другие.

Металлический блеск подобен блеску свежей поверхности металла. Независимо от окраски, минералы с металлическим блеском дают чёрную или очень темноокрашенную черту на неглазурированной фарфоровой пластинке.

Также существуют минералы с показателем преломления меньше единицы, сюда относятся некоторые самородные металлы: серебро ($N = 0,18$), золото ($N = 0,36$), медь ($N = 0,64$).

Второй важный фактор, влияющий на результат отражения света, — *характер поверхности*, от которой происходит отражение.

Блески минералов обусловлены зеркально гладкими поверхностями (то есть гранями кристаллов и плоскостями спайности). Но если минерал в изломе имеет не идеально гладкую, а скрыто-бугорчатую или ямчатую поверхность, то стекланные, алмазные и другие блески приобретают чуть тусклый оттенок. Отражённый свет при этом частично теряет свою упорядоченность, подвергаясь некоторому рассеиванию. Создаётся **жирный блеск**, поверхность минерала как будто смазана жиром. Примерами жирного блеска могут служить блеск самородной серы в изломе сильвина или блеск нефелина.

Поверхности с более грубо выраженной неровностью, с раковистым изломом, со скрытокристаллическим строением обладают **восковым блеском**. Таковы, например, часто встречающиеся блески кремней, халцедона.

Наконец, если тонкодисперсные массы вдобавок обладают тонкой пористостью, то в этом случае падающий свет полностью рассеивается в самых различных направлениях. Поверхности

такого рода называют **матовыми**. Примерами могут служить: мел, каолинит (в сухом состоянии), различные охры и другие.

У некоторых минералов, обладающих явно выраженной ориентировкой элементов строения в одном или двух измерениях в пространстве, наблюдается явление, связанное с блеском, так называемый *отлив* минерала¹².

В минералах с параллельно-волокнистым строением (асбест, селенит и другие) мы всегда наблюдаем типичный **шелковистый отлив**.

Прозрачные минералы, обладающие слоистой кристаллической структурой и в связи с этим резко выраженной совершенной спайностью, имеют характерный **перламутровый отлив** (мусковит, пластинчатый гипс, тальк).

Люминесценция

Люминесценция — это способность минералов при воздействии на них ультрафиолетовых, катодных или рентгеновых лучей излучать свет («холодное свечение»). Минералы люминесцируют также при растрескивании, расщеплении (трибальюминесценция), нагревании (термолюминесценция).

По длительности свечения различают: флюоресценцию — свечение, прекращающееся после окончания действия возбудителя, и фосфоресценцию — свечение, продолжающееся некоторое время после окончания возбуждения.

Один и тот же минерал может люминесцировать разными цветами.

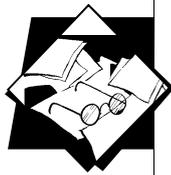
Люминесценция минералов имеет большое практическое значение для поисковых работ. Облучение забоев, образцов пород и руд, шлихов помогает установить в них алмазы, урановые минералы, шеелит, циркон и другие полезные ископаемые.

Прозрачность

Прозрачностью называется свойство вещества пропускать сквозь себя свет. Хотя абсолютно непрозрачных тел не существует, однако многие минералы, особенно металлы (даже в тонких плёнках), видимые лучи пропускают в столь малых количествах, что кажутся совершенно непрозрачными. Точно так же не существует и абсолютно прозрачных материальных сред, то есть таких, которые совершенно не поглощали бы пропускаемого через них света.

Одна из самых прозрачных сред — чистая вода — в толстом слое имеет явно голубой цвет.

¹² См.: *Бетехтин А.Г.* Курс минералогии: учебное пособие; под науч. ред. Б.И. Пирогова и Б.Б. Шкурского. М.: КДУ, 2008.



В зависимости от степени прозрачности все минералы, наблюдающиеся в крупных кристаллах, делятся на следующие группы:

- 1) *прозрачные* – горный хрусталь, исландский шпат, топаз, мусковит и другие;
- 2) *полупрозрачные* – изумруд, сфалерит, киноварь и другие;
- 3) *непрозрачные* – пирит, магнетит, графит, марказит, ильменит и другие.

Многие минералы, кажущиеся в больших кристаллах или обломках непрозрачными, просвечивают в тонких осколках или тонких шлифах (биотит – чёрная слюда, рутил и другие).

Двупреломление

В кристаллических (анизотропных) веществах, в отличие от аморфных (изотропных), физические, а следовательно, и оптические свойства неодинаковы. К числу оптических свойств кристаллов, вытекающих из анизотропности, относится и двупреломление, или двойное лучепреломление, которое впервые обнаружил на кристаллах прозрачного кальцита (исландского шпата) датский учёный Бартолин ещё в 1670 году. В дальнейшем оно изучено К. Гюйгенсом.

Явление это заключается в следующем. Если взять прозрачный ромбоэдр исландского шпата и положить его на бумагу с нарисованной линией, то сквозь кристалл будут видны две черты: одна более чёткая, другая – слабая. Чем толще будет кристалл, тем дальше одна линия будет находиться от другой.

Механические свойства

К механическим свойствам минералов относятся спайность, отдельность, излом, твёрдость, удельный вес, магнитность, хрупкость, ковкость, гибкость, упругость.

Спайность

Спайностью называется способность кристаллов и кристаллических зёрен раскалываться или расщепляться по определённым или возможным граням, с образованием ровной зеркальной поверхности.

Это свойство кристаллических сред связано исключительно с внутренним их строением и для одного и того же минерала не зависит от внешней формы кристаллов (например, у ромбоэдрических, скаленоэдрических и призматических кристаллов или даже совершенно неправильных кристаллических зёрен кальцита наблюдается всегда одна и та же форма спайности по ромбоэдру). Поэтому этот признак, являющийся характер-

ным для каждого кристаллического вещества, служит одним из важных диагностических признаков, помогающих определить минерал.

Спайность различается по направлению и степени совершенства. С этой точки зрения принята следующая пятиступенчатая шкала:

1. **Спайность весьма совершенная** (хлорит, селенит, слюда) (рис. 21). Кристалл способен расщепляться или раскалываться только в одном направлении.

Получить излом иначе, чем по спайности, весьма трудно.

2. **Спайность совершенная** (кальцит, галенит, флюорит, галит). При ударе молотком всегда получают мелкие выколки по спайности, внешне очень напоминающие настоящие кристаллы. Так, в галите и галените спайность проходит по кубу (рис. 22), у кальцита — по ромбоэдру, у флюорита — по октаэдру. Получить излом по другим направлениям (не по спайности) довольно трудно.



Рис. 21. Мусковит, весьма совершенная спайность



Рис. 22. Галенит, спайность совершенная по кубу

3. **Спайность средняя или ясная** (полевой шпат, авгит, диопсид) (рис. 23). На обломках минералов отчётливо наблюдаются как плоскости спайности, так и неровные изломы (поверхности) по случайным направлениям.

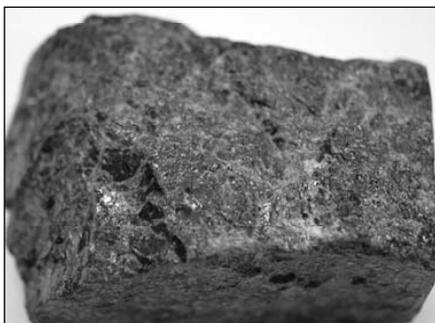


Рис. 23. Диопсид, средняя спайность

4. **Спайность несовершенная** (например, у апатита, самородной серы (рис. 24 на с. 70) и других). Она обнаруживается с трудом, её приходится искать на обломке минерала. Изломы, как правило, представляют собой неровные поверхности.

5. **Спайность весьма несовершенная**, то есть



Рис. 24. Сера, несовершенная спайность

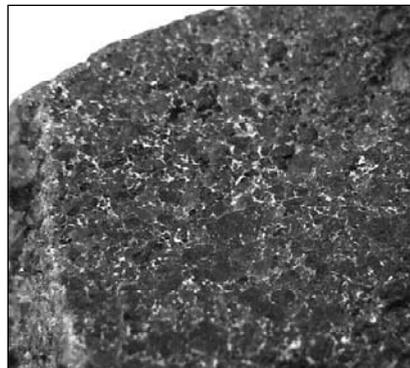


Рис. 25. Хромит, весьма несовершенная спайность

практически отсутствует, (например, у золота, магнетита, хромита (рис. 25) и других. Она обнаруживается лишь в исключительных случаях.

При определении спайности минералов не следует путать её с гранями кристаллов. Необходимо помнить, что поверхности плоскостей спайности обладают более сильным блеском, чем грани кристаллов.

Отдельность

Кроме спайности, некоторые минералы имеют ещё отдельность, которая морфологически очень близка к спайности, но отличается от неё тем, что раскалывание происходит лишь в определённых точках, в то время как раскалывание по спайности может произойти в любом месте.

По предположению Н.В. Белова, плоскости отдельности — это плоскости мельчайших включений других минералов.

В отличие от спайности, они не являются строго плоскими и обычно ориентированы в одном направлении. Для некоторых минералов отдельность настолько характерна, что используется как диагностический признак. Примером могут служить часто встречающиеся отдельности

у корунда, ильменита, железной слюдки (гематита) (рис. 26).

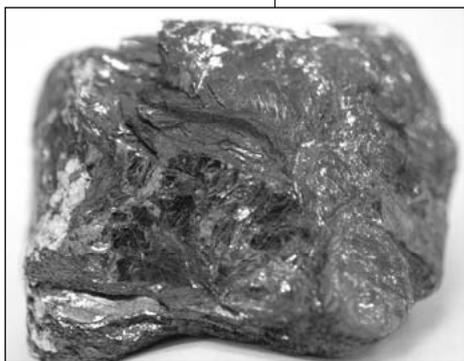


Рис. 26. Гематитовая слюдка, наблюдается отдельность

Излом

При раскалывании минералов получают или ровные плоскости (по спайности) или неровная поверхность, называемая *изломом*. Чем совершеннее спайность, тем труднее установить характер излома.

По характеру поверхности, образующейся при расколе минерала, выделяют следующие виды излома:

1. Ровный – характерен для минералов, обладающих совершенной спайностью, например, кальцит, галит (рис. 27).

2. Неровный – характеризующийся неровной поверхностью без блестящих спайных участков, например диопсид, хромит, халькопирит, пирротин (рис. 28).



Рис. 27. Кальцит, ровный излом



Рис. 28. Пирротин, неровный излом

3. Ступенчатый – для минералов со спайностью в нескольких направлениях, например, галит, полевые шпаты, галенит (рис. 29).

4. Раковистый – имеет вид вогнутой и концентрической волнистой поверхности и напоминает поверхность раковины: например, кварц, опал, халцедон (рис. 30).

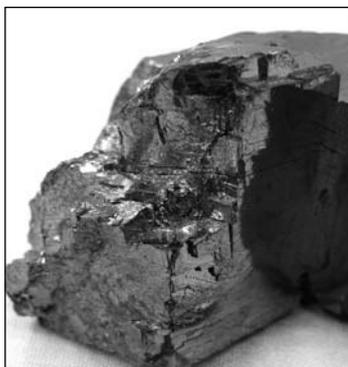


Рис. 29. Галенит, ступенчатый излом



Рис. 30. Опал, раковистый излом

5. Занозистый – присущий минералам волокнистого или игольчатого строения, например, селенит, актинолит (рис. 31).

6. Землистый – характерен минералам с матовой шероховатой поверхностью, как, например, у каолинита, охры (рис. 32).



Рис. 31. Актинолит,
занолистый излом



Рис. 32. Каолинит,
землистый излом

7. Крючковатый – поверхность излома покрыта мелкими крючками, например, у самородной меди, серебра и других ковких металлов (рис. 33)

8. Зернистый – поверхность представлена мелкими зёрнами (кристаллами), создающими зернистую поверхность, например, у альбита, магнезита (рис. 34).

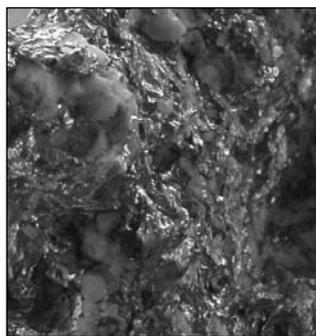


Рис. 33. Самородная медь,
крючковатый излом



Рис. 34. Магнезит, зернистый излом

Твёрдость

Под **твёрдостью** понимают степень сопротивления минерала какому-либо внешнему механическому воздействию.

Для определения твёрдости в минералогии пользуются относительной шкалой.

Первая шкала твёрдости была предложена ещё Ал-Бируни (алмаз, корунд, агат), а затем основателем Петербургского минералогического общества Поснером (1813 г.). Он предложил следующую шкалу: алмаз, твёрдая сталь, красная нить, свинец.

Кусочки отмеченных эталонов укреплялись в специальных ручках, и затем изучаемый материал царапался последовательно разными иглами.

В настоящее время твёрдость минералов принято определять по шкале, предложенной немецким минералогом Фридрихом Мо-

осом. Ни одно минералогическое описание, ни один справочник не обходятся без его эталонов. Величина твёрдости по шкале Мооса — один из главных опознавательных признаков любого минерала¹³. В этой шкале каждый последующий минерал своим острым концом царапает предыдущий.

Наблюдения показали, что минералы по-разному реагируют на царапающие усилия. Одни из них не царапаются осколками того же вещества (пассивно-твёрдые минералы), а другие царапаются (активно-твёрдые минералы). Так, например, острый кусочек талька не царапает поверхность спайности талька, острый осколок апатита не царапает ни грани, ни поверхности излома апатита. То же самое характерно для топаза, корунда и других минералов. Между тем острые осколки гипса, галита, флюорита, ортоклаза, кварца и других минералов процарапывают грани и спайные плоскости и плоскости излома своих же минералов.

Отношение пассивной и активной твёрдости — показательная характеристика многих минералов, оно часто служит хорошим диагностическим признаком.

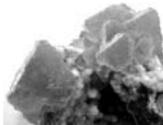
Необходимо отметить относительность шкалы Мооса: если тальк имеет твёрдость 1, а гипс твёрдость 2, то это не означает, что гипс в два раза твёрже талька. То же самое можно сказать и о других минералах-эталонах. Твёрдость их условна и при определении другими методами получаются иные значения.

Точное определение твёрдости получают с помощью специального прибора **склерометра** (твёрдомера). Твёрдость определяется по глубине вдавливания алмазной пирамидки квадратного сечения в минерал. Для характеристики приводим величины, полученные на склерометре для эталонных образцов минералов.

Сводная шкала твёрдости

Минерал	Относительная твёрдость (по шкале Мооса)	Абсолютная твёрдость	Твёрдость по бытовой шкале
Тальк ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) 	1	2,4	Царапается ногтем
Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 	2	36	Царапается ногтем

¹³ Кантор Б.З. Мир минералов. М: Ассоциация «Экост», 2005.

<p>Кальцит (CaCO_3)</p> 	3	109	Царапается медной монетой
<p>Флюорит (CaF_2)</p> 	4	189	Царапается ножом, оконным стеклом
<p>Апатит ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})$)</p> 	5	536	Царапается ножом, оконным стеклом
<p>Ортоклаз (KAlSi_3O_8)</p> 	6	795	Царапает стекло, царапается напильником
<p>Кварц (SiO_2)</p> 	7	1120	Царапает стекло, поддаётся обработке алмазом
<p>Топаз ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH}, \text{F})_2$)</p> 	8	1427	Царапает стекло, поддаётся обработке алмазом
<p>Корунд (Al_2O_3)</p> 	9	2060	Царапает стекло, поддаётся обработке алмазом
<p>Алмаз (C)</p> 	10	10060	Царапается только алмазом

Хрупкость, ковкость, гибкость, упругость

Эти свойства при диагностике минералов имеют второстепенное значение, однако для ряда минералов они весьма характерны.

Под **хрупкостью** в минералогии понимается свойство минерала крошиться под давлением или при ударе. Так, например, самородная сера и алмаз — очень хрупкие минералы.

Ковкость минералов проявляется в том, что они могут быть легко расплющены на тонкие пластинки. Очень ковкие минералы — самородное золото, медь, серебро.

Гибкостью называется свойство некоторых минералов изгибаться при механическом воздействии, не нарушая своей структуры. Гибкость выражена у минералов пластинчатого или волокнистого строения. Она характерна особенно для таких минералов, как слюда, хлориты, тальк, асбест.

Для некоторых минералов характерным признаком является также **упругость** — свойство деформироваться под влиянием определённых усилий и возвращаться в первоначальное, недеформированное состояние после прекращения этих усилий (т.е. восстанавливают первоначальное положение при снятии напряжения).

Удельный вес

Удельный вес зависит от химического состава минералов. Естественно, что минералы, имеющие в своём составе элементы с бóльшим порядковым номером, обладают и бóльшим удельным весом. Например, удельный вес галенита (PbS) значительно больше, чем галита (NaCl), хотя оба минерала имеют одинаковую структуру. Удельный вес также зависит от плотности упаковки и мотива структуры. Так, каркасные структуры наиболее рыхлые и удельный вес у них значительно меньше, чем у минералов островной и слоистой структуры. Например, в состав топаза и каолинита входят одни и те же элементы, но у топаза удельный вес $3,57 \text{ г/см}^3$, а у каолинита — $2,6 \text{ г/см}^3$. Химический состав алмаза и графита одинаковый, но у алмаза удельный вес $3,5 \text{ г/см}^3$, а у графита — $2,2 \text{ г/см}^3$.

Удельный вес минералов (в г/см^3) колеблется от 0,9 (лёд) до 23 (платинистый иридий). Большинство минералов имеют удельный вес 2,5 до $3,5 \text{ г/см}^3$, рудные и самородные минералы — более 4 г/см^3 .

Минералы по удельному весу условно можно разделить на три группы: *лёгкие* (удельный вес до 3 г/см^3), *средние* (от 3,0 до $4,0 \text{ г/см}^3$) и *тяжёлые* (более $4,0 \text{ г/см}^3$) [1].

Для некоторых минералов (барит, церуссит, вольфрамит) удельный вес является очень важным признаком при их определении по внешнему виду. Важно научиться определять удельный



вес приблизительно, «взвешиванием» исследуемого минерала в руке, распределяя, таким образом, их на три группы: тяжёлые, средние и лёгкие.

Примеры лёгких минералов: гипс, галит, кварц, ортоклаз, арагонит. Примеры тяжёлых минералов: пирит, халькопирит, антимонит, магнетит, гематит. Примеры очень тяжёлых минералов: галенит, самородное золото, вольфрамит, киноварь, самородная медь.

Для точного определения удельного веса минерала существует много лабораторных методов (пикнометрический, определение в тяжёлых жидкостях).

Удельный вес минерала имеет большое практическое значение, так как по удельному весу минералы легко отделяются один от другого взмучиванием в воде или погружением в другие, более тяжёлые, жидкости. «Промыванием» обогащаются многие руды, золото, платина и другие.

Магнитность минералов

Магнитность — свойство минералов притягиваться к магниту или же притягивать самим железные предметы. Это свойство присуще немногим минералам. Для определения магнитности минерала достаточно поднести его к стрелке компаса.

Ферромагнитные — сильно магнитные (магнетит, пирротин и другие).

Парамагнитные — слабо магнитные минералы (ильменит, пироксены и другие).

Диамагнитные — это минералы, которые обладают слабой отрицательной магнитной восприимчивостью, они слегка отталкиваются магнитом (кальцит, кварц, галит, графит, самородное золото, серебро, висмут).

Некоторые минералы, содержащие железо, приобретают магнитные свойства только после прокаливания в восстановительных условиях, другие проявляют их лишь под воздействием электрического поля (например, пирит).

Прочие свойства

При визуальном определении минералов такие свойства, как запах, вкус, растворимость в воде, в кислотах имеют наибольшее диагностическое значение,

Запах, который исходит от минерала при расколе или ударе, иногда указывает на присутствие тех или иных элементов в руде. Например, самородный мышьяк, арсенопирит и другие минералы, в которых есть мышьяк, при ударе издают резкий чесночный запах, усиливающийся при нагревании и прокаливании на огне. У ряда полезных ископаемых различают глинистые запахи.

При трении желваков друг о друга возникает запах жжёной кости, горелой кожи, который свидетельствует о присутствии фосфора. Некоторые минералы (янтарь) при нагревании легко загораются и испускают характерный запах.

Некоторые минералы могут легко быть определены на *ощупь*. Например, всем известный тальк на ощупь кажется жирным, чем отличается от похожего на него пирофиллита. Точно так же порошковатые разности ярозита при растирании между пальцами дают ощущение жирного вещества, что и отличает ярозит от охристых, похожих по цвету масс лимонита.

При определении качества некоторых полезных ископаемых, которые мы часто употребляем в пищу, пробуют на *вкус*, например при поисках поваренной соли, питьевых вод и др. Минералы галит, сильвин, карналлит легко определить по вкусовым ощущениям. Так, галит на вкус солёный, сильвин — горько-солёный, а карналлит — жгуче горько-солёный.

Важным свойством для определения минералов класса «карбонаты» является *растворимость в разбавленной соляной кислоте* (5%-ном растворе) с выделением пузырьков углекислого газа. Вскипание определяется капанием раствора соляной кислоты из пипетки на исследуемый минерал. Такие карбонаты, как кальцит, арагонит, малахит взаимодействуют с разбавленной холодной соляной кислотой. Для того чтобы растворить другие карбонаты в этой кислоте, их надо измельчить в порошок (доломит) или подогреть (магнезит), или даже довести до кипения раствор соляной кислоты.

Минералы классов «галоиды», «сульфаты» *растворяются в воде*. Легко растворимые — галит, сильвин, карналлит; плохо растворимые — гипс, ангидрит и другие.

Методические рекомендации для визуального метода определения минералов

Квалифицированный минералог различает на глаз 200–300 минеральных видов, а знатоки уверенно могут распознать более 500 минералов. Опыт свидетельствует, что овладев навыками определения основных свойств минералов, учащиеся в дальнейшем легко справляются и с определением минералов. Необходимо принять за правило, что каждый минерал необходимо определять по совокупности признаков. Зная диагностические признаки минералов, различимые «невооружённым глазом», некоторые минералы можно определить без труда. Определение минералов основано на широкой вариации их свойств. Поскольку каждый минерал обладает комплексом характерных



признаков, его всегда можно отличить от других. К внешним признакам, используемым для визуальной диагностики, относятся: форма кристаллов, цвет черты, прозрачность, спайность, магнитность и другие.

Для выяснения физических свойств на практических занятиях необходимо иметь вспомогательное оборудование.

Магнитность минералов можно определять с помощью компаса, но лучше всего использовать легко вращающуюся магнитную стрелку, которая притягивается минералами с явно выраженными магнитными свойствами даже на расстоянии. Например: магнетит, пирротин. Стрелка обнаруживает незначительное притяжение или волнение при поднесении к ней минералов со слабыми магнитными свойствами. Например: ильменит, вольфрамит.

Цвет — существенный и удобный отличительный признак только у густо окрашенных минералов, которые имеют всегда одну и ту же окраску. Это касается главным образом минералов с металлическим блеском, таких как пирит, галенит, халькопирит и других, а также некоторых минералов с неметаллическим блеском — малахит, лазурит, родонит и другие.

Цвет минерала следует определять на свежем изломе, так как на поверхности он может изменяться в результате выветривания, которое особенно легко затрагивает сернистые и мышьяковистые минералы.

При определении цвета минералов прибегают к сравнительной оценке, сопоставляя его с окраской каких-либо хорошо известных предметов. Поэтому широко пользуются двойными названиями цветов минералов, например: молочно-белый, медово-жёлтый, латунно-жёлтый, травяно-зелёный и др. Несмотря на то, что все эти определения весьма относительны, они всё же приняты и встречаются во всей мировой литературе по минералогии. За основу можно принять следующие часто употребляемые названия цветов, более или менее постоянных для ряда минералов:

1. Фиолетовый — аметист.
2. Синий — азурит.
3. Зелёный — малахит.
4. Жёлтый — аурипигмент.
5. Оранжевый — крокоит.
6. Красный — киноварь (в порошке).
7. Бурый — пористые разновидности лимонита.
8. Жёлто-бурый — охристые разновидности лимонита.
9. Оловянно-белый — арсенопирит.
10. Свинцово-серый — молибденит.
11. Стально-серый — блёклая руда.
12. Железо-чёрный — магнетит.
13. Индигово-синий — ковеллин.
14. Медно-красный — самородная медь.
15. Латунно-жёлтый — халькопирит.

Для определения черты минералов используют неглазурованную (шероховатую) поверхность фарфоровой пластинки — бисквит. В результате трения о данную пластинку многие минералы оставляют черту — порошок минерала. У минералов твёрдостью более 6 (по шкале Мооса) черта не определяется, так как твёрдые минералы оставляют не свою черту, а черту бисквита (твёрдость 6).

Для определения минералов класса карбонаты используется раствор соляной кислоты (5%). Раствор кислоты необходимо держать в стеклянной или полиэтиленовой бутылочке с притёртой пробкой и капельницей (при отсутствии последней можно воспользоваться пипеткой).

Твёрдость минералов определяют путём сравнения изучаемого образца с эталонами твёрдости (стекло и минералы — эталоны шкалы твёрдости Мооса). Твёрдость минералов определяется в следующей последовательности:

- исследуемым минералом чертят по стеклу, если он оставляет царапину, то твёрдость его больше 5;
- испытываемым минералом по очереди царапают по эталонным минералам, начиная с апатита и выше;
- устанавливают, какой из минералов царапается последним.

Допустим, что определяемый минерал царапает ортоклаз и не оставляет царапин на кварце, сам же царапается кварцем — очевидно твёрдость минерала между 6 и 7 (6–6,5).

- если испытываемый минерал не оставляет царапину на стекле, то тогда по очереди царапают по эталонным, начиная с апатита и ниже;
- устанавливают, какой из минералов царапается последним.

Допустим, что определяемый минерал царапает гипс и не оставляет царапин на кальците, сам же царапается кальцитом, то очевидно, твёрдость минерала между 2 и 3 (2–2,5).

Испытания твёрдости делают на свежих гранях излома, спайных поверхностях. Чтобы убедиться, что след действительно царапина, а не оставленная минералом черта, пробуют стереть его пальцем и рассмотреть в лупу.

При определении твёрдости возможны следующие случаи:

- исследуемый минерал не царапает минерал шкалы твёрдости Мооса, однако последний царапает исследуемого, следовательно, у этого минерала твёрдость меньше чем у минерала из шкалы, и наоборот;
- определяемый минерал с большим трудом царапает минерал шкалы твёрдости (и наоборот) — твёрдость определяемого минерала такая же, как у минерала шкалы.

Справочные данные о твёрдости минералов, если нет специального оговора, относятся только к монокристаллическим выделениям. Мелкозернистые и волокнистые агрегаты при испытании обнаруживают пониженную твёрдость: царапина в таких случаях не ре-



зультат разрушения кристаллической поверхности, а след деформации и выкрашивания мелких индивидов.

Большинству минералов свойственна анизотропия твёрдости (различная твёрдость по разным направлениям), однако обнаруживается это, как правило, лишь точными измерениями. Исключением является (дистен), имеющий твёрдость вдоль удлинения кристаллов 5,5, а поперёк кристалла — 6,5–7.

Знакомство со спайностью может наглядным, если раскалывать молотком ненужные куски различных минералов. Для примера весьма совершенной спайности лучше взять гипс-селенит и слюду; для совершенной спайности — галит, кальцит, магнетит. В полевых шпатах необходимо увидеть, что минералы могут иметь разную спайность (совершенную, среднюю). Средней или ясной спайностью обладают диопсид и другие пироксены; несовершенной — апатит, сера; весьма несовершенной — кварц, опал, магнетит.

Спайность прозрачных и просвечивающих кристаллов очень часто обнаруживается и без испытания на раскалывание — по наличию спайных трещин. При определении спайности не нужно забывать, что у некоторых минералов (железная слюдка (гематит), ильменит, корунд) может наблюдаться отдельность. В отличие от спайности, отдельность — это свойство некоторых разновидностей данного минерала, а не минерального вида в целом, и обнаруживается только в отдельных зонах кристалла. Различают их, внимательно рассматривая неспайный излом минерала. В каком-то положении образца плоские участки излома дают яркие отблески света, которые в случае спайности равномерно распределены по излому или сливаются в один, а в случае отдельности образуют сверкающие полосы на более тёмном фоне неровного излома.

Для вышеперечисленных минералов, а также для некоторых других отдельность настолько характерна, что может служить диагностическим признаком.

Если минерал имеет идеальную форму кристалла (куб, октаэдр) и не имеет скола, то есть поверхности излома, то в данном образце спайность и излом не определяются. В таком случае пишут: «спайность у кристаллов не определяется», в скобках указывают теоретическую. Если в кристалле наблюдается поверхность излома, то спайность и излом в данном образце необходимо определять, исследуя данный участок минерала.

Определение блеска минералов, а в некоторых случаях и их цвета представляет для начинающего известные трудности. Различие минералов по блеску и цвету особенно отчётливо выступает, если испытуемые образцы поместить рядом и сравнить непосредственно. При таком методе ясно заметна разница между сфалеритом (буроватого цвета с алмазным блеском) и галенитом (свинцово-серого цвета с металлическим блеском). Латунно-жёлтый цвет халькопирита выступает гораздо отчётливее, если

образец его положить рядом с обладающим соломенно-жёлтым цветом пиритом, или серебряно-белым арсенопиритом.

Гибкость и упругость – специфические свойства минералов пластинчатого, листоватого и волокнистого строения. Некоторые из них – слюды, хлориды, асбест, аурипигмент – способны гнуться, не ломаясь.

При испытании минерала на ковкость и хрупкость царапают образец иглой или концом ножа: на ковких минералах остаётся блестящий гладкий след; на хрупких – след матовый, пылится порошком минерала.

Удельный вес при визуальном определении минерала юные геологи могут определить следующим образом: прикидывая тяжесть минерала на руке и относя его ориентировочно к лёгким, средним и тяжёлым.

Заключение

Курс минералогии необходимо начинать с экскурсии в геологический музей или геологический раздел краеведческого музея.

При рассмотрении свойств минералов следует ограничиться минимумом теоретических необходимых данных, при этом особое внимание важно обратить на практические занятия по определению основных физических свойств. Игры, викторины, кроссворды позволяют лучше освоить и закрепить теоретические знания.

При изучении минералов потребуется коллекция образцов, над которыми учащиеся могли бы проводить наблюдения. В зависимости от наличия минералов в геологическом объединении, количество их для изучения по данному курсу определяется руководителем кружка.

На практических занятиях каждый учащийся должен описать все минералы, поэтому желательно, кроме учебной коллекции, иметь ещё раздаточный материал по минералам.

Необходимо обратить внимание на безопасность работы при определении физических свойств минералов. 