

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ И ДИАГНОСТИКА ИХ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Цель работы: изучить физические свойства минералов – твердость, цвет, цвет черты, блеск, прозрачность, а также ряд особых свойств – магнитность, растворимость, запах, вкус и др.

Материалы и оборудование: набор минералов, шкала твердости Мооса, спиртовка, магнит, фарфоровые пластинки, 10%-ная и концентрированная соляная кислота (HCl), концентрированные серная кислота (H₂SO₄) и едкая щелочь (KOH), вода, предметное стекло, лупа, определитель минералов.

1. Общие сведения

Свойства минералов обусловлены их структурой и химическим составом. Ряд физических свойств являются диагностическими признаками минералов. Вместе с тем они могут изменяться в зависимости от формы нахождения минералов в природе. Например, лимонит может встречаться в виде плотных мелкозернистых агрегатов, натечных форм и землистых агрегатов. В каждом из указанных случаев твердость этого минерала различна, хотя другое его свойство – цвет черты – остаётся всегда постоянным (черта бурая). Поэтому для первичной (визуальной или макроскопической) диагностики минералов необходимо изучение всех перечисленных свойств.

Цвет минерала определяется способностью поглощать ту или иную часть светового спектра. Окраска минерала является важнейшим диагностическим признаком, но в большинстве случаев к ней надо относиться с осторожностью и для окончательного определения минерала учитывать другие его свойства.

Различают *идиохроматическую* окраску (греч. «идиос» – свой, собственный), обусловленную собственными свойствами минерала; *аллохроматическую* (греч. «аллос» – посторонний), вызванную наличием посторонних механических примесей; *псевдохроматическую* окраску, которая связана с рассеянием света, отраженного от минерала, и интерференцией световых волн с поверхностных слоев минерала. Псевдохроматическая окраска обуславливает явление *побежалости* или *иризации* – тонкой пленки, окрашенной в иной цвет, чем сам минерал. Появление такой пленки обусловлено процессами химического выветривания. Побежалость может быть как одноцветной (золотистая – у бурого железняка, синяя – у ковеллина), так и радужной, пестрой (у борнита, халькопирита). В последнем случае поверхность минерала переливается синим, зеленым, красным и розовато-фиолетовым цветами. При наличии побежалости цвет минерала следует определять только в свежем изломе (у халькопирита цвет латунно-желтый, а побежалость – пестрая).

Цвет черты – цвет порошка минерала. Он обычно определяется следом,

оставляемым минералом на неглазурованной фарфоровой пластинке («бисквите»), имеющей твердость 6–7.

По сравнению с окраской минерала цвет черты является более постоянным признаком, и поэтому имеет важное диагностическое значение, особенно для непрозрачных и полупрозрачных окрашенных минералов с мягкой или средней твердостью. Цвет черты может совпадать с цветом минерала (киноварь, магнетит, лазурит) или же отличаться от него (халькопирит, пирит). Твердые минералы, как правило, не дают черты, а могут царапать «бисквит», создавая вид черты. Можно считать, что минерал дает черту, если она стирается пальцем.

Прозрачность – свойство вещества пропускать свет. По степени прозрачности минералы, наблюдающиеся в крупных кристаллах, делятся на прозрачные, полупрозрачные, просвечивающие и непрозрачные.

Прозрачные, просвечивающие – предметы ясно видны сквозь минерал (горный хрусталь, исландский шпат, топаз, мусковит).

Полупрозрачные – предметы только неясно распознаются сквозь минерал (некоторые халцедоны и опалы, изумруд).

Непрозрачные – свет практически не проходит через минерал (магнетит, сульфиды).

Блеск – способность минералов отражать своими поверхностями свет. По блеску минералы делятся на три группы:

с **металлическим** блеском (пирит, магнетит), поверхность которых в отраженном свете напоминает блеск отполированной поверхности металла;

с **полуметаллическим (металлоподобным)** блеском (ильменит, графит), характерным для потускневшего металла;

с **нематаллическим** блеском, включающим несколько разновидностей:

– *алмазный*, редко встречающийся (алмаз, касситерит);

– *стеклянный*, как на поверхности излома разбитого стекла (кварц, лед, каменная соль, флюорит);

– *жирный* похож на смоляной, но применяется обычно для характеристики светлоокрашенных мягких минералов; поверхность их как бы смазана жиром (тальк, сера, галит);

– *перламутровый*, аналогичный блеску перламутра (отливает радужным светом); он обычно проявляется на поверхностях спайности минералов (кальцит, гипс, мусковит);

– *шелковистый*, характерный для волокнистых минералов (хризотил-асбест);

– *восковой* встречается у некоторых тонкозернистых и спутанно-волокнистых агрегатов светлоокрашенных минералов (халцедон, нефрит);

– *матовый* – блеска нет, характерен для землистых минералов (каолинит, монтмориллонит, пиролюзит).

Твердость минерала – способность его противостоять механическому воздействию (истиранию, царапанию другими минералами, острыми предметами и пр.). Твердость представляет собой меру связанности атомной структу-

ры вещества. Относительная твердость определяется с помощью *шкалы твердости Мооса*, состоящей из десяти минералов-эталонов, твердость которых обозначается условно целыми числами и которые расположены в таком порядке, что каждый последующий минерал процарапывает все предыдущие (табл. 5).

Таблица 5

Шкала Мооса

Минерал	Химическая формула	Твердость (относительная)	Микротвердость, МПа
Тальк	$Mg(OH)_2[Si_4O_{10}]$	1	24
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	360
Кальцит	$CaCO_3$	3	1050
Флюорит	CaF_2	4	1640
Апатит	$Ca_5[PO_4]_3(F,Cl)$	5	5360
Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$	6	7140
Кварц	SiO_2	7	10000
Топаз	$Al_2(F, OH)_2[SiO_4]$	8	14270
Корунд	Al_2O_3	9	20500
Алмаз	C	10	28500

При отсутствии минералов, перечисленных в шкале Мооса, для определения твердости можно пользоваться некоторыми доступными предметами, твердость которых известна в цифрах шкалы твердости. Например, если минерал пишет на бумаге, не царапая ее, то его твердость равна 1; если минерал чертится ногтем – 2–2,5; медная монета или медная игла – 3–3,5; оконное стекло – 5–5,5; стальной напильник – 6,5–7.

По твердости минералы делятся на четыре группы: *мягкие* – твердость не более 2,5 (тальк, графит, гипс); *средней твердости* – твердость составляет 3,0–4,5 (ангидрит, кальцит, халькопирит); *твердые* – твердость 5,0–6,5 (полевые шпаты, нефелин); *очень твердые* – твердость более 7,0 (топаз, корунд). Основная масса природных минералов имеет твердость 2–6. Наиболее твердыми минералами являются оксиды и силикаты. Некоторые минералы обладают различной твердостью в двух направлениях. Например, у кианита твердость вдоль кристалла равна 4,5, а поперек – 7.

Для определения твердости по гладкой поверхности минерала проводят, слегка надавливая, острым углом минерала из шкалы Мооса, и наблюдают полученную черту. Если она видна и сохраняется после стирания пальцем, то минерал-эталон тверже испытуемого, если нет – мягче. Например, испытуемый минерал царапается кристаллом апатита, а сам царапает флюорит, следовательно, твердость испытуемого материала ниже, чем у апатита и выше, чем у флюорита, т.е. примерно равна 4,5. Равные по твердости минералы должны относиться друг к другу инертно.

Если определяют твердость минерала в порошке, то натирают минерал-эталон или заменяющие его материалы порошком определяемого минерала. Если на поверхности эталона видны царапины, и она становится матовой, зна-

чит твердость испытуемого минерала больше; если поверхность эталона остается блестящей, то твердость испытуемого минерала ниже твердости эталона.

Спайность – способность минералов раскалываться или расщепляться по определённым плоскостям с образованием ровных, гладких, блестящих поверхностей. Спайностью обладают только кристаллические вещества. Она объясняется разницей в силе связей между атомами, которые в одних направлениях оказываются очень сильными, в других – слабыми. Последние и определяют положение плоскостей спайности в кристалле. По степени совершенства спайность бывает весьма совершенной, совершенной, средней, несовершенной и весьма несовершенной.

Весьма совершенная – кристалл легко расщепляется на тонкие листочки, пластинки или чешуйки. Плоскости раскола – зеркально-гладкие (слюды, тальк, хлорит).

Совершенная – при ударе получают обломки, по форме напоминающие кристаллы; поверхности спайности менее гладкие. Другие поверхности излома получить очень трудно (галит, галенит, кальцит).

Средняя – при ударе получают обломки кристалла, ограниченные как плоскостями спайности, так и неровными поверхностями излома по случайным направлениям (полевые шпаты, амфиболы).

Несовершенная – спайность выражена слабо. При ударе получают обломки, ограниченные главным образом неправильными поверхностями излома; плоскости спайности обнаруживаются при помощи лупы (апатит, оливин, сера).

Весьма несовершенная – спайность отсутствует. При ударе кристалл раскалывается по случайным направлениям и дает неправильные поверхности излома (кварц, магнетит, титанит, хромит, корунд).

Спайность у разных минералов может наблюдаться по одной, двум, трем, четырем или шести плоскостям, причем по разным плоскостям спайность может проявляться с разной степенью совершенства.

Излом – поверхность раскола, прошедшая в минерале не по спайности. Излом особенно характерен для минералов, не обладающих спайностью или с несовершенной спайностью; он может быть ровный, неровный, раковистый, занозистый, крючковатый, землистый, ступенчатый.

Ровный – поверхность раскола ровная, более или менее плоская, но не зеркально-гладкая, как в случае совершенной спайности (халькопирит).

Неровный – поверхность раскола неровная, характерная для минералов с несовершенной спайностью (апатит, нефелин).

Раковистый – волнистая поверхность раскола, напоминающая внутреннюю поверхность раковины. Особенно отчетливо наблюдается у минералов без спайности или со скрытокристаллическим строением (кварц).

Занозистый – наблюдается обычно на поперечных разломах минералов волокнистого или игольчатого строения; напоминает излом древесины поперек волокна (селенит, актинолит, тремолит).

Крючковатый – на поверхности минералов наблюдаются как бы острые

крючки. Характерен для самородные минералов, обладающих ковкостью (золото, медь, серебро).

Землистый – поверхность раскола матовая (монтмориллонит, каолинит).

Ступенчатый – получается, если раскол происходит частично по спайности, частично под некоторым углом к ней (полевые шпаты).

Плотность (удельный вес) – это характеристика, находящаяся для каждой разновидности минералов в узком постоянном интервале, и поэтому очень важна для их диагностики. Плотность определяется величиной массы вещества, приходящейся на единицу объема и измеряется в г/см^3 или кг/м^3 . По плотности минералы делятся на 3 группы: *легкие* – плотность $0,80\text{--}2,50 \text{ г/см}^3$ (гипс, графит, сера, галит); *средние* – плотность $2,50\text{--}4,00 \text{ г/см}^3$ (кварц, полевые шпаты); *тяжелые* – плотность более $4,00 \text{ г/см}^3$ (барит, галенит).

Хрупкость – свойство минерала легко распадаться при ударе на мелкие обломки, крошиться. Около места удара образуется густая сеть трещин (гипс).

Вязкость и ковкость – свойства, противоположные хрупкости. Минерал называется вязким, если он трудно раскалывается. Около места удара трещины не возникают или их образуется мало, а минерал превращается в пыль (нефрит, халцедон). Ковкие минералы при ударе сплющиваются и закругляются по углам (серебро, медь, золото).

Шероховатость – свойство поверхности граней кристаллов, которые могут быть покрыты бороздами или штрихами, ориентированными либо в одном направлении (параллельная штриховатость), либо в нескольких, пересекаясь под определёнными углами. Например, кварц на гранях призмы имеет поперечную штриховку, турмалин и берилл – вертикальную; в пирите штриховатость наблюдается параллельно граням куба. Очень характерна штриховатость для плагиоклазов, что позволяет отличить их от близких к ним по другим физическим свойствам калиевых полевых шпатов.

Жирность – ощущения, воспринимаемые на ощупь при растирании минералов. Различают жирные (тальк, каолинит) и тощие – сухие, шероховатые (алунит) минералы.

Гибкость и упругость свойственна многим листовым минералам. Минерал называется гибким, если его тонкие пластинки или волокна можно изгибать, не ломая. Гибкие минералы делятся на упругие (мусковит, биотит) и неупругие (тальк, хлорит).

Магнитность – способность минералов притягиваться магнитом, а в больших объемах действовать на магнитную стрелку (магнетит, пирротин).

Люминесценция – способность минералов светиться без теплового излучения под влиянием извне приложенной энергии, например, под влиянием ультрафиолетовых и катодных лучей (шеелит).

Горючесть – свойство некоторых минералов (самородная сера, янтарь) при нагревании легко загораться, издавая характерные запахи.

Гигроскопичность – способность минералов увлажняться, поглощая воду (каолинит, карналлит, вермикулит).

Растворимость – способность некоторых минералов легко растворяться

в воде (галит, мирабилит).

Вкус имеют только растворимые в воде минералы: каменная соль (галит) соленая, квасцы кислые, карналлит горько-соленый, сильвин горьковато-солёный, эпсолит – горький.

Запах характерен для некоторых минералов: пирит и марказит имеют запах сернистого газа, мышьяковистые минералы – чесночный запах.

Диагностическим признаком для многих минералов также является их взаимодействие с кислотами и щелочами (кальцит реагирует с холодной 10%-ной HCl, а доломит – только при нагревании).

Происхождение минералов или горных пород в результате эндогенных процессов – магматическое, пневматолитовое и гидротермальное; экзогенных процессов – выветривание, разложение, растворение, окисление, гидратация и др.; метаморфических – преобразование ранее образованных эндогенным и экзогенным путем минералов и горных пород под действием высокой температуры, давления и др.

2. Порядок выполнения работы

Визуальная диагностика минералов осуществляется на основе определения их физических свойств. Прежде всего определяются такие свойства, как цвет, цвет черты, прозрачность, блеск, твердость, спайность, характер излома, затем последовательно остальные свойства, рассмотренные выше. На основании комплекса диагностических признаков с использованием таблицы для определения минералов (табл. 1 в приложении) дается название исследуемому минералу.

Пример. В результате изучения физических свойств минерала установлено: твердость – 1 (минерал царапается тальком и сам оставляет на нем царапину); пишет на бумаге, не царапая ее; блеск – полуметаллический, цвет – черный, черта – черная; спайность совершенная, жирен на ощупь. Этих свойств достаточно для диагностики графита. От сходного с ним молибденита исследуемый минерал отличается блеском, цветом черты, а также особыми свойствами: графит – хрупкий, молибденит – ковкий.

Результаты определения оформить в виде таблицы:

Физические свойства минерала и его определение

Цвет	Цвет черты	Прозрачность	Блеск	Твердость	Спайность	Излом
------	------------	--------------	-------	-----------	-----------	-------

Продолжение таблицы

Облик агрегата	Плотность, г/см ³	Особые свойства	Наименование минерала
----------------	---------------------------------	-----------------	-----------------------

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлена окраска минералов?
2. Как определить цвет черты минерала в куске и в порошке?
3. Какой блеск имеет кварц, гематит, каолинит, мусковит, кальцит, алмаз, хризотил-асбест, пиролюзит, галит?
4. Назовите виды неметаллического блеска минералов, приведите примеры.
5. Назовите минералы, входящие в шкалу Мооса.
6. Как произвести определение твердости минералов, используя шкалу Мооса и подручные инструменты?
7. Назовите типы минералов по плотности и твердости.
8. Назовите типы спайности, приведите примеры.
9. Чем отличается спайность минералов от излома?
10. Назовите виды излома минералов. Какой излом имеют металлы, волокнистые минералы?
11. Назовите особые свойства минералов, приведите примеры минералов с данными свойствами.
12. Для каких классов минералов характерно взаимодействие с HCl, какие минералы хорошо растворяются в воде?