

## Физические Свойства Минералов

Ахмедова Д. А<sup>1</sup>

**Ключевые слова:** метаморфизм, контактовый метаморфизм, дислокационный метаморфизм, региональный метаморфизм, метаморфизованные месторождения, метаморфические месторождения.

Уже указывалось, что минералы как физические тела обладают широким разнообразием таких свойств, как цвет, твердость, блеск, удельный вес и др. В зависимости от химического состава и кристаллической структуры эти свойства у различных минералов проявляются по-разному. Каждый минерал характеризуется какими-либо особыми признаками, по которым его можно всегда отличить от других.

Очень многие минералы можно совершенно точно определить по ком-

плексу характерных физических свойств, не прибегая к более трудоемким исследованиям, как, например, к химическому анализу, рентгеноанализу и др. Нужно заметить, что для многих минералов существуют специфические, только каждому из них в отдельности свойственные, тонкие особенности, которые при первом знакомстве нелегко схватить и передать словами. Особенно это относится к оттенкам цвета, густоте окраски, характеру излома, блеска и пр. Тем не менее уже при некотором опыте глаз настолько привыкает улавливать эти характерные свойства минералов, что в дальнейшем они служат решающими диагностическими признаками. Во времена далекого прошлого, когда люди еще не имели никакого представления ни о химии вообще, ни о химических элементах в частности, эти особые признаки минералов были хорошо известны, и «рудознатцы» по ним безошибочно находили те полезные ископаемые, которые для них в то время представляли ценность.

Нельзя, конечно, думать, что таким путем могут быть определены все

встречающиеся в природе минералы. Многие из них для окончательного установления требуют более детальных исследований, в частности, применения качественных химических реакций, более точного определения удельного веса, оптических, механических и прочих свойств. Тонкозернистые минеральные массы изучаются в специальных препаратах (шлифах) под микроскопом. Очень часто в случаях установления с помощью спектрального анализа примесей таких ценных металлов, как кобальт, индий, кадмий, литий, цезий и др., имеющих промышленное значение даже в случае незначительного их содержания в минералах, приходится обращаться к химическому анализу. При изучении скрытокристаллических минеральных образований необходимо прибегать также к рентгенометрическим исследованиям. Особые методы применяются при изучении радиоактивности минералов, пьезоэлектрических эффектов, магнитных свойств и других физических явлений в минералах.

Ниже мы остановимся на разборе главнейших свойств минералов, которые имеют наибольшее диагностическое значение. К этим свойствам относятся следующие: морфологические особенности - облик кристаллов, двойники, штриховатость граней; оптические - прозрачность, цвет минералов, цвет черты, блеск; механические - спайность, излом, твердость, хрупкость, ковкость, упругость; а также такие свойства, как удельный вес, магнитность, радиоактивность и др.

<sup>1</sup>Старший преподаватель Университета геологических наук



## Прозрачность.

Прозрачностью называется свойство вещества пропускать сквозь себя свет. Абсолютно непрозрачных тел не существует, однако многие минералы, особенно металлы (даже в тонких пленках), видимые лучи пропускают в столь малых количествах, что практически кажутся совершенно непрозрачными. Точно так же не существует и абсолютно прозрачных материальных сред, т. е. таких, которые совершенно не поглощали бы пропускаемого через них света. Одна из самых прозрачных сред чистая вода - в толстом слое имеет явно голубой цвет, что свидетельствует о существенном поглощении лучей красного конца спектра видимого света.

Как известно, вступивший в данную среду луч света меняет свою скорость, преломляется и по мере проникновения вглубь постепенно расходует свою энергию на превращение ее в другие виды энергии (преимущественно тепловую), благодаря чему количество света постепенно уменьшается, т. е. происходит поглощение (абсорбция) света.

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

- 1) прозрачные - горный хрусталь, исландский шпат, топаз и др.;
- 2) полупрозрачные - изумруд, сфалерит, киноварь и др.;
- 3) непрозрачные - пирит, магнетит, графит и др.

## Цвет минералов

Окраска – (цвет) минералов бывает постоянная (идиохроматическая) и непостоянная (ахроматическая). Первая зависит от внутреннего строения минералов и его состава, а вторая от посторонних примесей и включений в минералах.

Идиохроматизм. Во многих случаях окраска природных соединений, никогда не встречающихся в виде бесцветных кристаллов, обусловлена внутренними свойствами самого минерала (его конституцией). Таковы, например, черный магнетит ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ ), латунно-желтый пирит ( $\text{FeS}_2$ ), карминно-красная киноварь ( $\text{HgS}$ ), зеленые и синие кислородные соли меди (малахит, азурит, бирюза и др.), густосиний лазурит и т. д.

Аллохроматизм. Известно немало примеров, когда один и тот же минерал бывает окрашен в различные цвета и оттенки. Так, кварц, обычно встречающийся в виде бесцветных, часто совершенно прозрачных кристаллов (горный хрусталь), бывает окрашен в красивый фиолетовый цвет (аметист), розовый, желто-бурый (от окислов железа), золотистый (цитрин), серый или дымчатый (раухтопаз), густой черный (морион), наконец, в молочно-белый цвет. Точно так же каменная соль - галит - может обладать белым, серым, желтым, бурым, розовым и иногда синим цветом. Аллос (греч.)-посторонний.

Как бы то ни было, на первых порах мы должны условиться о названиях хотя бы основных цветов, прикрепив их к определенным минералам. За основу можно принять следующие часто употребляемые названия цветов, более или менее постоянные для ряда минералов:

- 1) фиолетовый - аметист;
- 2) синий - азурит;
- 3) зеленый - малахит;
- 4) желтый - аурипигмент;
- 5) оранжевый - крокоит;
- 6) красный - киноварь (в порошке);
- 7) бурый - пористые разновидности лимонита;
- 8) желто бурый - охристые разновидности лимонита;



- 9) оловянно белый - арсенопирит;
- 10) свинцово серый - молибденит;
- 11) стально серый - блеклая руда;
- 12) железно черный - магнетит;
- 13) индигово синий - ковеллин;
- 14) медно красный - самородная медь;
- 15) латунно желтый - халькопирит;
- 16) металлически\_золотистый - золото.

В качестве примера ахроматических цветов, возникающих при равномерном поглощении всего спектра видимого света, приведем следующие: бесцветный горный хрусталь, молочно-белый кварц, серая каменная соль и черный пиролюзит.

### Цвет черты

Цвет черты – минерала в тонном порошке. Часто не совпадает с цветом минерала в значительных зернах. Под этим термином подразумевается цвет тонкого порошка минерала.

Этот порошок легко получить, если мы будем проводить испытываемым ми-

нералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки, называемой бисквитом. Порошок получается в виде следа на пластинке, окрашенного в тот или иной характерный для данного минерала цвет. Этот признак в сравнении с окраской минералов является гораздо более постоянным, а следовательно, и более надежным диагностическим признаком.

Цвет черты, или порошка, в ряде случаев совпадает с цветом самого минерала. Например, у киновари окраска и цвет порошка красные, у магнетита черные, у лазурита - синие и т. д. Для других минералов наблюдается довольно резкое различие между цветом минерала и цветом черты. Из числа известных в природе минералов такое различие мы наблюдаем, например, у гематита (цвет минерала стально-серый или черный, черта - красная), у пирита (цвет минерала латунно-желтый, черта - черная) и т. д.

В природе нередко один и тот же минерал встречается то в плотных, то в порошковатых разностях. Цвета их в ряде случаев сильно отличаются друг от друга. Примерами могут служить: лимонит (гидроокись железа) - в плотных массах черный, а порошковатых (в виде охры) - желто-бурый; гематит (безводная окись железа) - в кристаллической разновидности почти черный, а в порошковатых разностях – ярко-красный и т. д. В других случаях цвет минерала в плотных кристаллических массах и в диспергированном состоянии одинаков; например, у малахита он и в том и в другом виде зеленый, у азурита - синий, у киновари - красный, у аурипигмента ярко-желтый и т. д.

Следует упомянуть, что аллохроматическая окраска многих полупрозрачных минералов, вызванная примесями в виде дисперсной фазы тех или иных соединений, в сущности отвечает цвету этих соединений в порошковатом состоянии. Таковы, например, желто-бурые и бурые опалы, окрашенные гидроокислами железа, красные яшмы, густо проникнутые тонкораспыленной безводной окисью железа, и т. д.

### Блеск

Блеск – способность минералов отражать своими поверхностями (поверхностями кристаллов) лучи света.

Блеск отдельных зерен минерала зависит от показателя преломления ( $n$ ) и бывает:

Металлический ( $n > 3,0$ ) – пирит, галенит



Полуметаллический ( $n = 2,6-3,0$ ) – магнетит, ильменит

Неметаллический ( $n < 2,6$ ):

А) алмазный – касситерит, сфалерит

Б) перламутровый - тальк благородный, слюда

В) стеклянный – полевые шпаты, кальцит

Г) жирный – нефелин, кварц на изломе.

Блеск агрегатов минеральных зерен зависит от формы расположения и величины зерен в агрегате, и бывают:

1. Шелковистый – гипс, селенит, асбест
2. Восковой – змеевик, халцедон
3. Матовый, землистый – каолин, лимонит.

### Спайность и излом

Спайность – способность минерала раскалываться или расщепляться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием гладких поверхностей. Спайность определяется в зернах достаточной величины.

Таблица. 1

Типы спайности	Характер проявления	Примеры
Весьма совершенная	Минералы легко расщепляются на пластинки	Слюда, тальк, хлориты
Совершенная	Минерал легко раскалывается по направлению спайности	Кальцит, галит, полевые шпаты
Средняя	Минерал раскалывается как по спайности и по другим направлениям	Авгит, роговая обманка
Несовершенная	Минерал резко раскалывается по направлению спайности	Кварц, нефелин, апатит

Спайность в минералах может проходить:

В одном направлении – слюда, гипс

В двух направлениях – полевые шпаты, пироксен, амфибол (по призме),

В трех направлениях – кальцит (по ромбоэдру), галенит (по кубу)

В четырех направлениях - флюорит (по ортоэдру),

В шести направлениях – сфалерит (по ромбодокаэдру).

### Твердость

Твердость – это сопротивляемость вещества минералов механическому воздействию, и способности к истиранию. В обычной минералогической практике применяется наиболее простой способ определения твердости царапанием одного минерала другим, т. е. устанавливается относительная твердость минералов. Для оценки этой твердости принимается шкала Мооса, представленная десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие.

За эталоны этой шкалы приняты следующие минералы в порядке твердости от 1 до 10:

- 1) тальк -  $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$ ;
- 2) гипс -  $Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$ ;



- 3) кальцит -  $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ ;
- 4) флюорит -  $\text{CaF}_2$ ;
- 5) апатит -  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$ ;
- 6) ортоклаз -  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ;
- 7) кварц -  $\text{SiO}_2$ ;
- 8) топаз -  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F},\text{OH})_2$ ;
- 9) корунд -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
- 10) алмаз -  $\text{C}$ .

Определение твердости исследуемого минерала производится путем установления, какой из эталонных минералов он царапает последним. Например, если исследуемый минерал царапает апатит, а сам царапается ортоклазом, то это значит, что его твердость заключается между 5 и 6.

Этот простой, хотя и грубый метод определения твердости минералов вполне удовлетворяет нас при диагностике минералов.

В пределах значений по шкале Мооса у большинства минералов на различных гранях и сколах твердость является более или менее постоянной, хотя известны примеры, когда она меняется в зависимости от направления царапания. Например, у минерала кианита  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$  в направлении удлинения твердость равна 4,5, а в перпендикулярном направлении на той же плоскости - 6-7. Поэтому не случайно этот минерал называется также дистеном (от греч. ди - двойко, стенос - сопротивляющийся).

### **Хрупкость, ковкость, упругость**

Эти свойства при диагностике минералов имеют второстепенное значение, однако для ряда минералов они весьма характерны. Под хрупкостью подразумевается свойство минерала крошиться под давлением при проведении острием ножа царапины по его поверхности.

При этом, например, минерал, известный под названием «блеклая руда»,

«пылится», т. е. дает матовую черту с темным порошком по краям. Халькозин, похожий на него по внешним признакам, в этом случае дает гладкий блестящий след, что свидетельствует о его свойстве пластической деформации, т. е. о ковкости. Аналогичное явление, но в более резко выраженной форме обнаруживают ковкие самородные металлы (медь, золото, серебро и др.).

Свойство ковкости их проявляется также и в том, что их зернышки на наковальне с помощью молоточка могут быть расплющены в тонкие пластинки.

Для ряда минералов, обладающих слабыми кристаллическими структурами, явление пластичности обуславливается скольжением, состоящим в параллельном перемещении слоев кристаллической среды вдоль одной или нескольких плоскостей (скольжения в каменной соли). В других минералах пластичность сопровождается механическим двойникованием (например, в кристаллах кальцита).

Упругость, т. е. свойство вещества изменять свою форму под влиянием деформирующих сил и вновь ее восстанавливать по их удалении, также характерна для некоторых минералов. Этим свойством обладают, например, слюды, чем они отличаются от кальцийсодержащих, так называемых хрупких слюд, ломающихся при изгибе. Похожие на слюды хлориты при сильном изгибе хотя и не ломаются, но не восстанавливают своего прежнего положения. Большинство минералов, способных выделяться в виде асбестов, при их расщеплении дают тончайшее эластичное волокно, поддающееся текстильной обработке. Волокнистая разновидность гипса - селенит - этим свойством не обладает.



### Удельный вес.

Удельный вес (в настоящее время все чаще заменяется термином «плотность»), в минералогии традиционно используется единица плотности  $\text{г/см}^3$  минералов, как известно, зависит прежде всего от атомного веса атомов или ионов, слагающих кристаллическое вещество. Затем существенную роль играют размеры ионных радиусов, возрастание которых компенсирует увеличение атомного веса, иногда настолько, что удельный вес даже снижается: например, несмотря на то что атомный вес калия в 1,7 раза больше, чем натрия, удельный вес  $\text{KCl}$  (1,98) меньше, чем  $\text{NaCl}$  (2,17) в силу того, что ионный радиус  $\text{K}^{1+}$  (1,33) больше ионного радиуса  $\text{Na}^{1+}$  (0,98), что сильно сказывается на объеме кристаллического вещества. Кроме того, как указывалось выше (см. полиморфизм), изменение, в частности увеличение координационного числа в кристаллических структурах, приводит к уменьшению объема, а следовательно, к увеличению удельного веса. Наконец, уменьшение валентности катиона (или увеличение валентности аниона) при прочих равных условиях, по В. С. Соболеву, должно также сопровождаться увеличением удельного веса.

Удельные веса минералов колеблются в широких пределах: от значений меньше 1 (лед, некоторые органические минералы) до 23,0 (некоторые разновидности минералов группы осмистого иридия). Удельные веса минералов определяются в основном двумя способами:

1) методом вытеснения жидкости, т. е. путем взвешивания образца и измерения объема вытесненной им воды в сосуде; 2) путем определения потери в весе минерала, погруженного в воду (абсолютный вес образца делят на потерю им веса в воде). Удельный вес мелких зернышек минерала определяется с помощью так называемого пикнометра или тяжелых жидкостей и весов Вестфаля, описываемых в специальных руководствах.

Довольно значительные колебания удельного веса, устанавливаемые для одного и того же минерала, наблюдаются сравнительно редко и, помимо изоморфизма, обычно бывают обусловлены мельчайшими включениями посторонних минералов, в том числе пузырьков газа и жидкостей.

### Магнитность.

Существует очень немного минералов, которые обладают явно выраженными магнитными свойствами. Минералы со слабыми парамагнитными свойствами легко притягиваются магнитом (бедные серой разновидности пирротина). Но имеются и такие минералы, которые сами представляют собой магнит, т. е. являются ферромагнитными и притягивают к себе железные опилки, булавки, гвозди. Таким свойством обладают магнетит, никелистое железо, некоторые разновидности ферроплатины. Наконец, известны диамагнитные минералы, отталкивающиеся магнитом (самородный висмут).

Так как число минералов, обладающих магнитными свойствами, невелико, то этот признак имеет важное диагностическое значение. Испытание на магнитность производится с помощью свободно вращающейся магнитной стрелки, к концам которой подносится испытуемый образец. Допускается и употребление магнита, при этом предпочтительно использовать мелкие зерна минерала, а магнит прикрывать бумагой. Слабыми магнитными свойствами, не устанавливаемыми с помощью магнитной стрелки, обладает довольно большое количество минералов.

На различии этих слабо выраженных магнитных свойств основано разделение минералов на фракции с помощью электромагнита при исследовании так называемых шлихов, т. е. тяжелой фракции минералов, получающейся при промывании.

### Использованных литературы:

1. А.Г.Бетехтин. Курс минералогии. Москва. Книжный Университет – 2008г.
2. Вертман Е.Ф., Ю.Г.Рауфонов, И.Н.Федерменко «Кристаллография, минералогия, петрография, рентгенография» 1990 год.
3. Миловский А.В. Кононов О.Б. «МИНЕРАЛОГИЯ» М.Изд-во МГУ, 1982г.

