**Общие сведения о минералах. Диагностические признаки. Классификация минералов**

## ****О минералах – вообще и в частности****

Каждый из нас волей-неволей наслышан о минералах: ежедневно и ежечасно нам твердит о них реклама. Минералы там, минералы сям, в лекарствах, косметике, кошачьем корме… Что же это такое – минералы? Спросим специалистов.

Современное определение звучит так: минерал – это твердое тело природного неорганического происхождения, имеющее кристаллическое строение и состав, который можно выразить химической формулой. То есть минералы – это кристаллы (или кристаллики), их можно пощупать, измерить, взвесить или хотя бы увидеть, пусть даже в лупу или микроскоп. Что касается «минералов в кошачьем корме» и т.п., то это всего лишь рекламный вздор, забудьте.

Но с многими минералами мы действительно имеем дело в повседневной жизни. И буквально каждый день – с самым жизненно важным, незаменимым минералом №1 – обыкновенной поваренной (каменной) солью, галитом. Без остальных минералов жить кое-как можно; хотя что за жизнь, например, без полевого шпата, из которого делают фарфор, фаянс и зубные пасты; или, тем более, без минералов – драгоценных камней? Природные камни, применяемые в строительстве, тоже состоят из минералов. Некоторые минералы служат источниками металлов, из которых делают гвозди и часовые механизмы, провода, микросхемы, компьютеры и еще множество нужных вещей.

Слово «минерал» употребляется также в собирательном значении вместо более точного термина «минеральный вид» – по аналогии с биологическими видами животных и растений. Минеральный вид – это совокупность минералов, одинаковых по химическому составу и кристаллической структуре. Например, галит – это природные кристаллы хлорида натрия с кубической кристаллической решеткой и параметром элементарной ячейки a0=0,564 нм.

Два минерала относятся к одному минеральному виду, если у них попарно совпадают оба определяющих признака, и к разным видам, если хотя бы в одной паре имеется несовпадение. Например, идентичные по составу, но структурно различные пирит FeS2 (фото 2 и 3) и марказит FeS2 (фото 4 и 5) – разные минералы. В данном случае это и так достаточно заметно, но вообще-то внешность минералов обманчива, что порождает немало недоразумений. Каждый минералог и коллекционер знает, как часто пирит принимают за марказит. В то же время, как видно из фотографий, и пирит пириту рознь, и марказит марказиту рознь: представители одного минерального вида могут выглядеть по-разному.

Но к простому и ясному пониманию минералов наука подобралась вовсе не просто и не сразу. Представления о минералах менялись со временем, демонстрируя связь с развитием производства и хозяйственных потребностей, то есть с самой историей человечества.

Да и само понятие «минерал» возникло относительно недавно. Разумеется, оно было совершенно незнакомо первобытному человеку. Ничего не знал он и о химических составах и кристаллических структурах. Вокруг он видел просто камни, и ему достаточно было знать те их свойства, что были важны при изготовлении примитивных орудий и сооружений. Обо всем этом не стоило бы и упоминать, если бы не маленькое обстоятельство, которое, возможно, привлечет внимание современного коллекционера: находки археологов указывают на тот любопытный факт, что отдельные минералы (как мы назвали бы их сегодня) были интересны древнему человеку независимо от их практического использования.

Для чего, например, понадобился ему куб галенита, через десятки тысяч лет, в 1986 г., найденный американскими археологами при раскопках палеолитических курганов Долины Миссиссиппи? Ведь галенит (фото 6), как известно, не валяется под ногами где угодно. Древний человек мог подобрать его не ближе чем в сотне километров от места раскопок, там, где рудная залежь полосы Вайбернум-Тренд выходит на поверхность земли. Свидетелей этого события нет, и нам остается предположить, что кристалл галенита заинтересовал человека необычным видом – блеском, тяжестью, еще чем-нибудь. По-видимому, коллекционерский инстинкт – стремление сохранять необычное, редкое, исчезающее был свойствен даже нашим самым далеким предкам.

В IV веке до н.э. Аристотель расчленил окружающий мир на три «царства» – животное, растительное и минеральное. К минеральному он отнес все, что не попадало в первые два, сформулировав тем самым исторически исходную позицию: минералы – вся неживая природа. Впоследствии, по мере накопления данных и открытия ранее неизвестных минеральных видов, понятию минерала суждено было все более сужаться.

Однако до начала XVI столетия все еще не знали разницы между минералами как таковыми и горными породами, окаменелостями, рудами, а также искусственными продуктами. Основное внимание уделялось применению и способам идентификации минеральных веществ, как можно видеть на примере сводки, составленной в 1048 г. узбекским энциклопедистом Бируни. Правда, в средневековой Европе трактаты о камнях («лапидарии») как правило были компиляциями античных текстов со схоластическими комментариями и непременным перечислением «сокровенных» свойств камней: «Тем, кто носит агат, он дарует и силу, и крепость, // Делает красноречивым, приятным и с виду цветущим» (Марбод Реннский, 1080 г.).

Сам термин «минерал», насколько известно, впервые употребил ученый монах XIII в. Альбертус Магнус (Альберт Великий). На средневековой латыни он означал «то, что из рудника», «ископаемое». Намек на практическое отношение к минералам был отражением более зрелой стадии разделения труда и, соответственно, дифференциации знания: из понятия минерала исключались искусственные тела. Но к минералам все еще относили любые ископаемые: и обломки горных пород, и окаменевшие остатки животных и растений, а также воду, нефть, каменный уголь. Потребность разделить понятия еще не назрела.

В эпоху Ренессанса расцвет промышленного производства и торговли увеличил спрос на металлы, особенно цветные и благородные. Спрос вызвал интенсивное освоение рудных месторождений, развитие горного дела и металлургии. Возникли новые вопросы к науке, прежде всего относительно рудных минералов и их спутников в рудных жилах и залежах. С этого началась минералогия как наука. Среди ученых-натуралистов, отказавшихся от средневековой схоластики и посвятивших себя прямому изучению природы, выделяется фигура саксонского врача, минералога и коллекционера Георгия Агриколы (Георга Бауэра, 1494–1555). «Ископаемые» Агрикола изучал не по древним манускриптам, а непосредственно в горных выработках. Он составил описания физических свойств многих минералов, окаменелостей, разного рода камней и даже каменных топоров, принимавшихся тогда за упавшие с неба «громовые камни», добавив ко всему этому 20 «ископаемых», открытых собственноручно. Все еще не делая различия между минералами и прочими ископаемыми, Агрикола считал их продуктами природных геологических процессов. О «сверхъестественных силах» он высказался категорично: «О тайных силах, приписываемых персидскими магами и арабами некоторым камням и самоцветам, я не скажу ничего. Достоинство и приличия обязывают человека науки полностью их отвергнуть» («О природе ископаемых», 1546 г.). Не мешало бы напомнить об этом современным апологетам «эзотерических свойств» камней. По мере накопления новых данных вырисовывалась специфика собственно минералов.

К началу XIX столетия знаний об окаменелостях накопилось достаточно для возникновения отдельной науки палеонтологии. А начиная с середины XIX в. от минералогии отпочковалась петрография – наука о горных породах.

До середины XX века отношения между наукой о минералах и практикой оставались довольно простыми. Минералы служили главным образом сырьем для коренной металлургической или химической переработки, и науку, соответственно, интересовал в первую очередь их состав и содержание нужных химических элементов. Так утверждался «химический» взгляд на минералы. Этому способствовали успехи химии, делавшей в то время свои самые важные открытия; минералогия, со своей стороны, снабжала ее новыми данными. В начале прошлого века возникла геохимия – наука о поведении химических элементов в земной коре. Ее создатели, знаменитые минералоги В.И. Вернадский (1863–1945), В.М. Гольдшмидт (1888–1947), А.Е. Ферсман (1883–1945), видели в минералах продукты протекающих в земной коре химических реакций: «Минерал есть химическое соединение химических элементов, образовавшееся естественным путем». А поскольку такими соединениями являются все вещества земной коры, минералами считали не только твердые, но и жидкие и даже газообразные природные тела. В.И. Вернадский, например, относил к минералам 1500 «минеральных видов» природных вод. Минералогия становилась прикладной наукой – химией земной коры.

Имелась, однако, и другая точка зрения: минерал – не просто химическое вещество, но и физическое тело определенной формы, размеров и т.д. В этих телах – минеральных индивидах – и конкретизируется каждый минеральный вид. Этого взгляда придерживались кристаллограф Е.С. Федоров (1853–1919), минералоги Г. Чермак (1836–1927), П. Грот (1843–1928), А.К. Болдырев (1883–1946) и др. В ходе дискуссии все более осознавалась фундаментальная роль минеральных индивидов. Мир минералов построен из индивидов и их «коллективов» – минеральных агрегатов, подобно тому, как мир животных и растений – из организмов, особей и их сообществ. Мысль о единстве организации природы всегда волновала ученых и философов. И в конечном счете вторая точка зрения возобладала. А поскольку жидкости и газы не имеют собственных форм и размеров, они не могут образовывать индивидов, а значит, не могут считаться минералами. Природные газы и жидкости не удается индивидуализировать и как химические вещества, так как на Земле они встречаются в виде смесей.

Особый интерес к индивидам и кристаллам минералов возник во второй половине XX века. В научных, а затем и в практических целях стали все больше использовать исландский шпат, оптический флюорит, пьезокварц и другие природные кристаллы. В кристаллическом состоянии находится подавляющее большинство твердых тел, составляющих земную кору. От аморфных тел их отличают не только особые свойства, связанные с правильностью внутреннего строения, но и гораздо большая определенность химического состава. К этому времени наука уже освоила способы «заглядывать» в кристаллические структуры и даже расшифровывать их. Эти способы были основаны на дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, открытой еще в 1912 г. М. Лауэ, П. Книппингом и В. Фридрихом. В общем, все шло к тому, чтобы ограничить понятие минерала телами кристаллическими. И последний шаг к современному понятию минерала был, наконец, сделан.

Впрочем, природа всякий раз не прочь пошатнуть наши представления о ней и свести на нет результаты упорного труда целых поколений. Когда дело касается реальных природных объектов, в простых и ясных определениях то и дело обнаруживаются «дыры». Камнем преткновения стали две природные жидкости. Как быть с водой? В понятие минерала она не «влезает». Но стоит температуре воды понизиться всего до 0? С, и она становится самым настоящим минералом – твердым, кристаллическим, представленным индивидами, к тому же еще и весьма распространенным. Самородная ртуть по своей сути должна быть отнесена к классу минералов – самородных металлов; не к нефтям же и битумам! Однако полноправным минералом ртуть становится лишь, затвердевая при -39? С. Согласно формальному определению, минерал «самородная ртуть» следовало бы хранить и демонстрировать в музеях и коллекциях при температурах ниже -39? С, а минерал «лед» – ниже 0? С. С другой стороны, остальные, «истинные» минералы тоже могут переходить в жидкое состояние, разница лишь в температурах плавления. Но ведь нелепо искать предлог, чтобы узаконить диапазон температур от 0 до -39? С, позволяющий «прописать» среди минералов две упомянутые жидкости. Природа здесь пока ничего не подсказала, оставив это нашей собственной проблемой. Проблемы есть и с несколькими твердыми телами (в частности, с «обыкновенным» опалом), не имеющими кристаллического строения и оставленными в минералогической номенклатуре на правах исключения. Подобные «накрутки» портят красивое определение, бросая на него тень условности. Разумеется, с такими исключениями, как вода, переходящая в лед, или самородная ртуть, при обычных условиях жидкая, можно примириться. Но есть и более серьезные проблемы.

Хорошо известно, что жизнь, биологическая форма организации материи, подчиняясь фундаментальным законам физики и химии, отнюдь не сводится к ним. Биологический вид определяется биологическими, а не физическими и химическими признаками. Минерал же, в отличие от живых существ, устроен вроде бы совсем несложно, вся его суть – в составе и кристаллической структуре. Но вот В.И. Вернадский, например, был иного мнения. «Дать вполне полное определение этому понятию (минерала. – Б.К.) мы не можем, как не можем такового и для других объектов природы». И в самом деле, если бы минералы можно было исчерпывающе описывать физическими и химическими параметрами, то тем самым была бы стерта грань между ними и их искусственными аналогами – кристаллами, созданными в лабораториях и на заводах. Что эта грань реально существует, знает любой, кто умеет отличать природный рубин или другой ювелирный камень от его «синтетического» аналога. Не так уж прост минерал!

Но у нас есть еще в запасе «природное происхождение» минерала. Теперь мы видим, что это не просто протокольный признак, но свойство самого минерала. Оно заключается в том, что в любом природном кристалле записана его собственная «автобиография»: когда и где родился, в каких условиях рос, каким влияниям и воздействиям подвергался, какие приобрел персональные особенности, как взаимодействовал с соседями… Минерал – это организм, возникший и миллионы лет существовавший среди бесконечных перемен и катаклизмов, которые не могли не оставить на нем своих шрамов и отметин. Это и есть то, что отличает минерал от искусственного кристалла, даже полностью идентичного ему по составу и структуре. Далеко не все эти отметины удается расшифровать, хотя минералоги усердно работают в этом направлении. Более того, следует, возможно, признать, что содержание минерала как организма принципиально неисчерпаемо. Наличие богатой «биографии» делает минералы памятниками природы. К сожалению, при современной технологии добычи полезных ископаемых почти все самые значительные памятники погибают; усилиями ученых и коллекционеров удается сохранить лишь ничтожную их долю. Культура и наука будущего вынуждены будут довольствоваться случайно уцелевшими объедками от нашей хозяйственной алчности. К чести коллекционерского движения, не менее девяти десятых от общего числа спасенных памятников природы хранится, по подсчетам французских ученых, в частных коллекциях.

Как живое существо – это совокупность наследственных и приобретенных признаков, так и любой минеральный индивид – это продукт совместного действия двух факторов: внутреннего – кристаллической структуры и внешнего – условий и обстоятельств кристаллизации и дальнейшего существования кристалла, в общем, влияния среды существования. Хотя минералы не могут размножаться, кристаллическую структуру можно уподобить «генетическому», видовому признаку, тогда как влияние среды определяет признаки «приобретенные», индивидуальные. Структура – фактор стабильности, консервативности, унификации; влияние среды – фактор изменчивости, разнообразия, индивидуальности.

Подобно тому, как нет на свете двух совсем одинаковых кошек или грибов-подосиновиков, так среди множества идентичных по составу и кристаллической структуре минеральных индивидов не существует двух одинаковых. Природное происхождение – источник неограниченного, поражающего воображение разнообразия минерального царства. Правда, многие минералы известны пока лишь как единичные находки. Остальное царство минералов характеризуется многообразием форм, помноженным на многообразие несовершенств.

Многообразие кристаллических форм минералов порождается широким диапазоном физико-химических условий их образования, длительности процессов кристаллизации и влиянием всегда присутствующих посторонних веществ. На кристаллах кальцита обнаружено несколько сотен кристаллических форм! Многие из них даже получили выразительные горняцкие прозвища – от «собачьего клыка» до «крыла ангела». Еще более многообразны усложненные индивиды и «коллективы» индивидов. Даже малая доля этого многообразия совершенно немыслима в параллельном мире искусственных кристаллов.

Не менее эффективен другой фактор разнообразия – несовершенство кристаллов. Идеальный кристалл – один, несовершенных – сколько угодно. Примечательно, что абсолютно совершенных кристаллов в природе нет. Совсем нет! Афоризм «кристаллы блещут симметрией», принадлежащий знаменитому русскому кристаллографу Е.С. Федорову, можно дополнить: «и прекрасны несовершенством». Да, именно несовершенством! Совершенный кристалл с идеальной, бездефектной структурой и полной симметрией, как скучноватый чертеж в минералогическом справочнике – чистейшая абстракция. Абсолютное совершенство, абсолютная симметрия принципиально чужды природным кристаллам. Показателен пример одного из самых распространенных минералов – кварца, на долю которого приходится более 12% земной коры. Кристаллы кварца можно найти повсюду, от высокогорных хрустальных жил до известняковых карьеров Подмосковья. Но даже относительно малодефектные кристаллы, допускаемые стандартом для использования в пьезоэлектрической технике, настолько редки, труднодоступны и дороги, что промышленность вынуждена переходить на синтетическое сырье.

Идеальность природных кристаллов нарушается динамикой и кинетикой развития, скоростью процесса кристаллизации, влиянием разного рода внешних факторов. Красота несовершенства перестанет казаться парадоксальной, как только мы уясним, что реальный кристалл – это продукт компромисса между стремлением растущего кристалла к максимуму совершенства и стремлением достигнуть этого максимума как можно скорее. Если бы процессы природной кристаллизации не сопровождались «спешкой» (в одних случаях измеряемой сутками, в других – миллионами лет), то в бесконечной перспективе мир наполнился бы идеальными кристаллами, похожими друг на друга как две капли воды. На первый план, таким образом, выступает фактор времени. Еще в 30-е годы прошлого века В.И. Вернадский отметил, что в основе несовершенства природных объектов лежит фундаментальная несимметричность, необратимость времени…

Но раз уж со всем этим – к несчастью для потребителя минералов и к счастью для их любителя – ничего поделать нельзя, обратимся к другой интригующей теме.

Посмотрим еще раз на график открытия новых минералов (рис. 2). Да ведь это натуральная экспонента! Исторический процесс открытия новых минералов носит лавинообразный характер, и число известных видов удваивается каждые 40–50 лет. Если дело так пойдет и дальше, то наступит момент, когда число известных минеральных видов вместо нынешних 4000 перевалит за миллион, обгонит искусственные вещества и продолжит свой рост.

Однако большинство минералогов не соглашается с таким прогнозом: исторические экстраполяции, как известно, дело рискованное.

Во-первых, одновременно с пополнением каталога минералов идет дискредитация видов, «открытых» по ошибке. Болезнь ошибочных «открытий», в основном преодоленная совершенствованием методов идентификации минералов, в прошлом была весьма распространена. Так, красивый минерал апофиллит за 70-летний период 1784–1853 гг. «открыли» десятикратно! И каждый раз он получал новое название, которое потом приходилось исключать из минералогической номенклатуры.

Но главное, численность минеральных видов ограничивается важными объективными обстоятельствами. Тот или иной гипотетический минерал может возникнуть при условии, если образующие его атомы «встретятся» друг с другом. Это зависит от их распространенности в земной коре, и чем сложнее состав минерала, тем, по законам комбинаторики, меньше вероятность встречи. Его кристаллическая структура должна быть устойчива в условиях, господствующих в месте «встречи» в момент «встречи». Но этого мало: возникший минерал должен «дожить» до встречи со своим открывателем (и никто не знает, сколько их не дожило до этого!), а значит, он должен быть устойчив и в изменяющихся условиях окружающей среды… Все это в принципе поддается расчету. Однако такой расчет даже для нескольких сотен гипотетических минералов настолько трудоемок, а проблема численности минеральных видов в природе пока что настолько неактуальна, что минералоги не берутся за ее решение и воздерживаются от конкретных прогнозов. По-видимому, следует ожидать, что в исторической перспективе процесс открытия новых минеральных видов замедлится и из лавинообразного перейдет в режим асимптотического приближения к некоторому предельному уровню….Если, конечно, к тому времени в него не вмешаются новые геологические катаклизмы.

Так или иначе, ежегодно открывается 40–60 новых минералов. В наше время это обычно какие-нибудь налеты или отдельные зернышки, ведь минералы, образующие большие кристаллы и крупные скопления, уже были замечены и открыты в прошлом. Так что для начала открывателю надо это скромное выделение заметить. Особый «нюх», способность обратить внимание на необычное зерно среди многих тонн горной породы – это тот почти мистический дар, которым наделены лишь немногие. На протяжении своей научной карьеры такой специалист открывает один за другим десятки новых минералов, тогда как на долю других, даже превосходно знающих мир минералов «в лицо», достаются, в лучшем случае, лишь единичные открытия

Диагностические признаки

Физические свойства. К ним относятся: цвет, блеск, прозрачность; твердость, плотность, спайность, излом и др. свойства.

ЦВЕТ минерала определяется его способностью поглощать определенную часть светового спектра. Ферсман выделил 3 рода окрасок минералов по происхождению:

* идиохроматическую (своя собственная),
* аллохроматическую (алло – чужой),
* псевдохроматическую (псевдо – ложный).

Идиохроматическая – в состав минерала входит элемент, дающий окраску – хромофор. Например, железо дает черную или бурую окраску, свинец – серый, медь – зеленый и т.д.

Аллохроматическая – окраска за счет элементов-примесей, изменяющих окраску минерала. Например, кварц бесцветный минерал, а его разновидности аметист, морион окрашены в фиолетовый или черный цвет за счет примесей атомов Fe.

Псевдохроматическая – обусловлена включениями посторонних минералов. Например, минерал лабрадор обладает темным собственным цветом, но при рассмотрении его под разными углами наблюдается синяя окраска. Она обусловлена тонкими включениями минерала ильменита, который изменяет светопреломление.

Иногда на поверхности минерала появляется радужная окраска, называемая побежалостью – возникает за счет образования тонкой пленки окислов на его поверхности.

ЦВЕТ ЧЕРТЫ – цвет минерала в порошке. Часто цвет черты повторяет цвет минерала, но бывают и отклонения. Например, минералы магнетит и хромит имеют черный цвет, а их цвет в порошке или цвет черты отличаются: у магнетита черта черная, а у хромита – темно-бурая.

ПРОЗРАЧНОСТЬ – способность минерала пропускать свет. По этому признаку минералы разделяются на прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные.

БЛЕСК – способность отражать падающий свет. По отражательной способности минералов блеск подразделяется на металлический и неметаллический. Металлический блеск имеют минералы с высокой отражательной способностью. Неметаллический блеск подразделяют на: стеклянный, жирный, перламутровый и т.д.

СПАЙНОСТЬ – способность минералов раскалываться под ударом с образованием ровных поверхностей параллельных граням, ребрам и др. кристаллографическим направлениям. Выделяют спайность:

– весьма совершенная (слюда, тальк),

– совершенная (кальцит, галит),

– средняя (полевые шпаты, роговая обманка),

– несовершенная (оливин, апатит),

– весьма несовершенная (золото, корунд).

ИЗЛОМ – вид поверхности при расколе минерала. Бывает – ровный, ступенчатый, раковистый, занозистый, землистый и т.д.

ПЛОТНОСТЬ – зависит от химического состава и структуры минерала. Все минералы по плотности подразделяются на: легкие (1–3 г./см 3), тяжелые (3,5–9 г./см 3), очень тяжелые (9–23 г./см3).

ТВЕРДОСТЬ – способность минерала сопротивляться механическому воздействию. Выделяют абсолютную и относительную твердости.

Абсолютную твердость определяют прибором, называемым **склерометр** в кг /мм 3.

Относительная твердость определяется сравнительным путем. Для этого берут минерал с известной твердостью и воздействуют им или на него другим минералом. Существует эталонная шкала для определения относительной твердости минералов. Её разработал австрийский минералог Моос в 1824 г., поэтому названа его именем. В ней подобраны 10 минералов, которые располагаются в порядке возрастания твердости и номер эталонного образца в ней означает величину относительной твердости этого минерала.

Когда нет под рукой эталонной шкалы, пользуются стеклом, гвоздем, стальным ножом или напильником, т.е. заменителями эталонных минералов.

Кроме перечисленных свойств, которые проявляются у всех минералов, существуют свойства присущие отдельным минералам или группе минералов. Их называют особые свойства и к ним относятся:

* Магнитность – определяется по отклонению минералом стрелки компаса;
* Люминесценция – любое излучение минералом света без накаливания. Выделяют: флюоресценцию – свечение минерала происходит при облучении ультрафиолетовыми или рентгеновскими лучами, фосфоресценцию – продолжение свечения минерала после прекращения облучения; люминесценция наблюдается у минералов, содержащих в кристаллической решетке примеси ионов. Так минерал шеелит светится бледно-голубым цветом за счет включений МОЛИБДЕНА.
* Пьезо- и пироэлектрические. Пьезоэлектричество – это явление, когда под действием давления вдоль полярной оси кристалла на её концах концентрируются положительные и отрицательные заряды. Пироэлектричеств о – тоже явление (появление электрических зарядов) только под действием температуры при нагревании.
* Реакция с соляной кислото й – происходит выделение углекислого газа, реакция хорошо наблюдается визуально.
* Вкус и запах – некоторые минералы издают запах, при каком-либо воздействии на них (при ударе и т.п.), другие минералы – соленые или горько-соленые на вкус (каменная соль).
* Радиоактивность – ею обладают минералы, содержащие радиоактивные элементы.

Все основные свойства проявляются (кроме особых) у каждого минерала. Часто разные по химическому составу минералы бывают внешне похожи по одному или нескольким свойствам. Например, по цвету, блеску, прозрачности минералы кварц и кальцит похожи и их трудно отличить по этим свойствам. Но по другим свойствам – твердости и спайности они резко отличаются друг от друга. Эти свойства для них являются диагностическими признаками. Таким образом, свойства минералов, по которым их можно определить или отличить друг от друга являются их диагностическими признаками.

Все свойства минералов изучают:

* макроскопически, т.е. определяют свойства визуально;
* с помощью лабораторных исследований с привлечением разнообразных приборов и анализаторов: так химический состав минерала устанавливается после проведения ряда химических или спектральных анализов для определения элементов, входящих в его состав;
* строение кристаллической решетки определяют с помощью рентгеноструктурного анализа, основанного на отражении и дифракции рентгеновских лучей от кристаллографических плоскостей. В последнее время для изучения структуры минерала применяют электронный микроскоп;
* оптические свойства минералов изучают под микроскопом.

Сейчас создано много приборов, которые позволяют сделать комплекс лабораторных исследований прямо в образце, содержащем исследуемый минерал, т.е. отпадает трудоемкая работа по извлечению минерала в чистом виде, без примесей другого минерала.

Изучение свойств минералов дало толчок экспериментальным исследованиям для получения минералов в лабораторных условиях. Такие исследования позволяют моделировать условия образования минералов, что представляет несомненный научный интерес. Практическое значение таких исследований – получение искусственных минералов для ювелирной промышленности, радиоэлектроники и др. отраслей.

О названиях минералов – многие пришли из древних времен:

– на основе физических свойств или химического состава (например – магнетит, никелин),

– по географическому месту открытия (ильменит – в Ильменских горах, арагонит – по испанской провинции);

– по имени великих ученых или деятелей – уваровит (мини стр. пр освещения Уваров), шеелит (в честь ученого химика Шееле открывшего элемент W).

Многие минералы, кроме основного, имеют одно или несколько других названий, называемых синонимами. Например, флюорит – плавиковый шпат, сфалерит – цинковая обманка и т.д.

Процессы минералообразования в природе происходят по законам физической химии и термодинамики. Главными факторами являются химический состав среды, температура и давление. Все они в процессе минералообразования изменяют свои параметры, т.е. являются величинами переменными. Изменение величины концентрации химических элементов, температуры и давления может протекать плавно и постепенно, или скачкообразно резко. При таких условиях минералы могут кристаллизоваться одновременно-последовательно друг за другом: оливин →пироксен →роговая обманка; или одновременно, например, при интенсивном испарении морской воды в лагунах образуются залежи солей, состоящие из минералов: галит →сильвин →карналит →гипс →сера. Такое совместное нахождение минералов, образовавшихся на определенной стадии процесса минералообразования называется ПАРАГЕНЕЗИС МИНЕРАЛОВ. А минералы, образовавшиеся совместно на какой-то определенной стадии минералообразования называются парагенетической ассоциацией. Знание парагенезисов минералов имеет большое научное и практическое значение. Так было теоретически и практически установлено, что в кимберлитовых трубках совместно с алмазами кристаллизуется минерал группы гранатов – ПИРОП. В Якутии по находкам пиропа были открыты месторождения алмазов.

**Классификация минералов**

Сейчас известно ~ 3000 минералов и каждый год их число увеличивается. Как ориентироваться в этом многочисленном и разнообразном мире минералов? Для этого ученые группируют или систематизируют их на основе каких-то признаков. То есть проводят классификацию. В минералогии были попытки создать классификацию на основе разных признаков: например по твердости, блеску или спайности; по условиям образования или генезису. Но есть минералы, которые могут образоваться совершенно в разных условиях. С середины прошлого столетия минералы стали классифицировать по химическому составу – по доминирующему аниону или анионной группе. Но только после появления рентгеноструктурного анализа и определения с его помощью внутреннего строения минералов стало возможным установить тесную связь между химическим составом минерала и его кристаллической решеткой. Это открытие положило начало принципу кристаллохимической классификации минералов. Впервые это сделали ученые Брэгг и Гольдшмидт для силикатов.

За основную единицу при такой классификации принят минеральный вид, обладающий определенной кристаллической структурой и определенным стабильным химическим составом. Минеральный вид может иметь разновидности. Под разновидностью понимают минералы одного вида, отличающиеся друг от друга по какому-то физическому признаку, например по цвету минерал кварц многочисленными разновидностями (черный – морион, прозрачный – горный хрусталь, фиолетовый – аметист).

В процессе минералообразования минералы одного минерального вида могут отличаться друг от друга внешним обликом – размерами кристаллов или формой. В этом случае каждый минерал одного минерального вида называют минеральный индивид.

Существующие классификации объединяют минеральные виды в классы или группы. Их количество у разных авторов колеблется, по мере усовершенствования классификации и получения новых данных о минеральных видах. Мы рассмотрим восемь классов:

|  |  |
| --- | --- |
| * самородные | * карбонаты |
| * сульфиды | * сульфаты |
| * оксиды и гирооксиды | * фосфаты |
| * галоиды | * силикаты |

Характеристика минералов по классам

1. Самородные
2. Сульфиды
3. Оксиды и гидрооксиды
4. Галоиды
5. Карбонаты
6. Сульфаты
7. Фосфаты
8. Силикаты

### 1. Самородные элементы (минералы).

К этому классу относятся минералы, состоящие их одного химического элемента и называемых по этому элементу. Например: самородное золото сера и т.д. Все они подразделяются на две группы: металлы и неметаллы. В первую группу входят самородные Au, Ag, Cu, Pt, Fe и некоторые др., во вторую – As, Bi, S и С (алмаз и графит).

Генезис – в основном, образуются при эндогенных процессах в интрузивных породах и кварцевых жилах, S – при вулканизме. При экзогенных процессах происходит разрушение пород, высвобождение самородных минералов (в силу их устойчивости к физическому и химическому воздействию) и их концентрация в благоприятных для этого местах. Таким образом, могут формироваться россыпи золота, платины и алмаза.

Применение в народном хозяйстве:

1 – ювелирное производство и валютные запасы (Au, Pt, Ag, алмазы);

2 – культовые предметы и утварь (Au, Ag),

3 – радиоэлектроника (Au, Ag, Cu), атомная, химическая промышленность, медицина, режущие инструменты – алмаз;

4 – сельское хозяйство – сера.

II. Сульфиды – соли сероводородной кислоты.

Подразделяются на простые с общей формулой А m X p и сульфосоли – А m B n X p, где –

А – атом металлов, В-атомы металлов и металлоидов, Х – атомы серы.

(Pb, Cu, Fe и т.д.) (Bi, Sb, As, Sn)

Сульфиды кристаллизуются в разных сингониях – кубической, гексагональной, ромбической и т.д. По сравнению с самородными, у них более широкий состав элементо-катионов. Отсюда большее разнообразие минеральных видов и более широкий диапазон одного и того же свойства.

Общими свойствами для сульфидов являются металлический блеск, невысокая твердость (до 4), серые и темные цвета, средняя плотность.

В то же время, среди сульфидов отмечаются различия по таким свойствам как спайность, твердость, плотность. Например:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| минерал | формула | цвет | твердость | плотность | спайность | сингония |
| Галенит | PbS | серый | 2,5 | 7,6 | весьма совершенная | кубическая |
| Молибденит | MoS2 | серый | 1 | 4,7 | весьма совершенная | гексагональная |
| Арсенопирит | FeAsS | серый | 6 | 6,1 | ясная | триклинная |
| Антимонит | Sb2 S3 | серый | 2 | 4,63 | совершенная | ромбическая |

Сульфиды являются основным источником руд цветных металлов, а за счет примесей редких и благородных металлов ценность их использования повышается.

Генезис – различные эндогенные и экзогенные процессы.

III. Оксиды и гидроксиды – представляют один из наиболее распространенных классов с более 150 минеральными видами, в которых атомы или катионы металлов образуют соединения с кислородом или гидроксильной группой (ОН). Это выражается общей формулой АХ или АВХ – где Х-атомы кислорода или гидроксильная группа. Наиболее широко представлены оксиды Si, Fe, Al, Ti, Sn. Некоторые из них образуют и гидрооксидную форму. Особенность большинства гидрооксидов – снижение значений свойств по сравнению с оксидной формой того же атома металла. Яркий приме р – оксидная и гидрооксидная форма Al.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| минерал | твердость | плотность | блеск |
| Корунд Al2O3 | 9 | 4 | алмазный |
| Бемит AlO•OH | 3.5–4 | 3 | тусклый |

Оксиды по химическому составу и блеску можно разделить на: металлические и неметаллические. Для первой группы характерны средняя твердость, темные цвета (черный, серый, бурый), средняя плотность. Пример – минералы гематит и касситерит. Вторая группа характеризуется низкой плотностью, высокой твердостью 7–9, прозрачностью, широкой гаммой цветов, отсутствием спайности. Приме р – минералы кварц, корунд.

В народном хозяйстве наиболее широко используются оксиды и гидрооксиды для получения Fe, Mn, Al, Sn. Прозрачные, кристаллические разновидности корунда (сапфир и рубин) и кварца (аметист, горный хрусталь и др.) используются как драгоценные и полудрагоценные камни.

Генезис – при эндогенных и экзогенных процессах.

IV. Галоиды. Наиболее широко распространены фториды и хлориды – соединения катионов металлов с одновалентным фтором и хлором.

Фториды – минералы светлые, средней плотности и твердости. Представитель – флюорит CaF2. Хлоридами являются минералы галит и сельвин (NaCl и KCl).

Для галоидов общими являютс я – низкая твердость, кристаллизация в кубической сингонии, совершенная спайность, широкая цветовая гамма, прозрачность. Особыми свойствами обладают галит и сильвин – соленый и горько-соленый вкус.

По генезису фториды и хлориды отличаются. Флюорит – продукт эндогенных процессов (гидротермальный), а галит и сильви н – образуются в экзогенных условиях за счет осаждения при испарении в водоемах.

В народном хозяйстве флюорит используется в оптике, металлургии, для получения плавиковой кислоты. Галит и сильвин находят применение в химической и пищевой промышленности, в медицине и сельском хозяйстве, фотоделе.

V. Карбонаты – соли угольной кислоты, общая формула АСО3 – где А – Са, Мg, Fe и др.

Общие свойств а – кристаллизуются в ромбической и тригональной сингониях (хорошие кристаллические формы и спайность по ромбу); низкая твердость 3–4, преимущественно светлая окраска, реакция с кислотами (HCl и HNO3) с выделением углекислого газа.

Наиболее распространенными являются: **кальцит СаСО3, магнезит Mg СО3, доломит СаМg (СО3) 2, сидерит Fe СО3.**

Карбонаты с гидроксильной группой (ОН):

Малахит Cu2 CO3 (OH) 2 – зеленый цвет и реакция с НС l,

Азурит Cu3 (CO3) 2 (OH) 2 – синий цвет, прозрачен в кристаллах.

Генезис карбонатов разнообразен – осадочный (химический и биогенный), гидротермальный, метаморфический.

Это породообразующие минералы осадочных пород (известняки, доломиты и др.) и метаморфических – мрамор, скарны. Используются в строительстве, оптике, металлургии, как удобрения. Малахит используется как поделочный камень. Большие скопления магнезита и сидерита – источник получения железа и магния.

VI. Сульфаты – соли серной кислоты, т.е. имеют радикал SO4. Наиболее распространенные и известные сульфаты Ca, Ba, Sr, Pb. Общими свойствами для них являютс я – кристаллизация в моноклинной и ромбической сингониях, светлая окраска, низкая твердость, стеклянный блеск, совершенная спайность.

Минералы: гипс CaSO4 •2H2O, ангидрит CaSO4, барит BaSO4 (высокая плотность), целестин SrSO4.

Образуются в экзогенных условиях, часто совместно с галоидами. Некоторые сульфаты (барит, целестин) имеют гидротермальный генезис.

Применение – строительство, сельское хозяйство, медицина, химическая промышленность.

IIV. Фосфаты – соли фосфорной кислоты, т.е. содержащие PO4.

Количество минеральных видов мало, мы рассмотрим минерал апатит Ca(PO4) 3 (F, Cl, OH). Он образует кристаллические и зернистые агрегаты, твердость 5, сингония гексагональная, спайность несовершенная, цвет зелено-голубой. Содержит примеси стронция, иттрия, редкоземельные элементы.

Генезис – магматический и осадочный, где он в смеси с глинистыми частицами образует фосфорит.

Применение – агросырье, химическое производство и в керамических изделиях.

VIII. Силикаты – наиболее распространенный и разнообразный класс минералов (до 800 видов). В основе систематики силикатов – кремнекислородный тетраэдр [SiO4] -4. В зависимости от структуры, которую они образуют, соединяясь друг с другом, все силикаты делятся на:

островные, слоевые, ленточные, цепочечные и каркасные.

Островные силикаты – в них связь между обособленными тетраэдрами осуществляется через катионы. В эту группу входят минералы: оливин, топаз, гранаты, берилл, турмалин.

Слоевые силикаты – представляют непрерывные слои, где тетраэдры связаны ионами кислорода, а между слоями связь осуществляется через катионы. Поэтому у них общий радикал в формуле [Si4O10] 4– Эта группа объединяет минералы-слюды: биотит, тальк, мусковит, серпентин.

Цепочечные и ленточные – тетраэдры образуют цепочки одинарные или сдвоенные (ленты). Цепочечные – имеют общий радикал [Si2O6] 4- и включают группу пироксенов.

Ленточные силикаты с радикалом [Si4O11] 6 – объединяют минералы группы амфиболов.

Каркасные силикаты – в них тетраэдры соединяются между собой всеми атомами кислорода, образуя каркас с радикалом [Si4O8]. В эту группу входят – полевые шпаты и плагиоклазы. Полевые шпаты объединяют минералы с катионами Na и K. Это минералы микроклин и ортоклаз. В плагиоклазах в качестве катионов – Са и Na, при этом соотношение между этими элементами не постоянно. Поэтому плагиоклазы представляют собой изоморфный ряд минералов:

альбит – олигоклаз – андезин – лабрадор – битовнит – анортит. От альбита к анортиту увеличивается содержание Са.

В составе катионов в силикатах наиболее часто присутствуют: Mg, Fe, Mn, Al, Ti, Ca, K, Na, Be, реже Zr, Cr, B, Zn редкие и радиоактивные элементы. Необходимо отметить, что часть кремния в тетраэдрах может замещаться Al и тогда мы относим минералы к алюмосиликатам.

Сложный химический состав и разнообразие кристаллической структуры в сочетании дают большой разброс показателей физических свойств. Даже на примере шкалы Мооса видно, что твердость у силикатов от 1 до 9.

Спайность от весьма совершенной до несовершенной. Об окраске и говорить нечего – широчайший спе ктр цв етов и оттенков.

В тоже время, внутри каждой структурной группы свойства близки и всегда есть какой-то один или два признака, по которым можно определить минерал. Например, слюды определяют по спайности и низкой твердости.

Часто силикаты группируются по окраске – темноокрашенные, светлоокрашенные. Особенно широко это применяется к силикатам – породообразующим минералам.

Силикаты образуются в основном при формировании магматических и метаморфических пород в эндогенных процессах. Большая группа глинистых минералов (каолин и др.) образуется в экзогенных условиях при выветривании силикатных горных пород.

Многие силикаты являются полезными ископаемыми и применяются в народном хозяйстве. Это строительные материалы, облицовочные, поделочные и драгоценные камни (топаз, гранаты, изумруд, турмалин и др.), руды металлов (Ве, Zr, Al) и неметаллов (В), редких элементов. Они находят применение в резиновой, бумажной промышленности, как огнеупоры и керамическое сырье.