



МИНЕРА́Л

Авторы: Н. А. Пекова

МИНЕРА́Л (от позднелатинского *minera* – руда), физически и химически индивидуализированное, как правило твёрдое, тело, относительно однородное по составу и свойствам, возникшее как продукт природных физико-химич. процессов, протекающих на поверхности и в глубинах Земли, Луны и др. космич. тел; обычно составная часть горных пород, руд и метеоритов. М. – кристаллич. вещества (или ранее находились в кристаллич. состоянии, но утратили его в результате метамиктного распада; см. [Метамиктные минералы](#)), традиционно к М. относят и некоторые природные аморфные образования (опал, аллофан), а также немногие жидкие (самородная ртуть, амальгамы). Подавляющее большинство М. – неорганич. соединения, число кристаллич. органич. соединений среди М. ничтожно мало (напр., оксалаты).

Среди М. различают минер. виды и их разновидности. Осн. таксон в минералогич. номенклатуре – минеральный вид. При использовании термина «М.», как правило, подразумевают минер. вид. Для самостоят. минер. вида характерны определённые химич. состав и внутр. структура. Минер. разновидности – это вариации одного минер. вида: цветовые, морфологические, иногда по химич. составу (без изменения кристаллич. структуры) или по структуре при постоянстве состава. Модификации одинакового состава (напр., алмаз – графит, кальцит – арагонит), но имеющие разл. кристаллич. структуру и физич. свойства, относятся к разным минер. видам (явление [полиморфизма](#)). Для М., образующих непрерывные изоморфные ряды (напр., оливины, вольфрамиты, колумбиты; см. [Изоморфизм](#)), самостоят. названия приписываются конечным членам изоморфных серий, а видообразующим считается преобладающий химич. элемент (принцип носит назв. «правило 50%»).

Общее число известных минер. видов ок. 4500. Ежегодно открывается ок. 60 новых М. Открытые минер. виды утверждаются Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации Междунар. минералогич. ассоциации [The Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification (CNMNC) of the International Mineralogical Association (IMA)]. М. называют по месту первой находки (напр., везувиан), в честь известных людей (ломоносовит), по цвету (лазурит), характерным свойствам (магнетит), химич. составу (кальцит) и др.

Единичные кристаллы, зёрна и др. минер. тела, отделённые друг от др. физич. поверхностями раздела, называют минеральными индивидами. Их размеры варьируют в широком диапазоне – от 1–100 нм (коллоидные М.) до 10 и более метров (кристаллы в пегматитах, весом до нескольких тонн). Внутри минер. индивидов во многих случаях наблюдаются фазовая неоднородность, вариации химич. состава, структуры и физич. свойств. Кристаллы М. часто обнаруживают зональное, секториальное или блочное строение. Срастания минер. индивидов образуют минеральный агрегат (моно- или полиминеральный).

Химический состав

В химич. состав М. входят все стабильные и долгоживущие изотопы элементов периодич. системы Д. И. Менделеева, кроме инертных газов, которые могут накапливаться в структурных полостях кристаллич. решёток

как радиогенные продукты или вследствие захвата из внешней среды. Распространённость М. связана с общей распространённостью химич. элементов, из которых состоит М., и с химич. активностью этих элементов. Минералообразующая роль разл. элементов неодинакова. Одни из них проявляют тенденцию к образованию собств. минер. видов и определяют осн. состав М.; другие присутствуют преим. в виде изоморфных примесей (т. н. рассеянные элементы – Rb , Ti , Ga , In , Ge и др.), для некоторых элементов собственные минер. виды неизвестны. Большинство М. – соединения переменного состава, образующие двух-, трёх- и многокомпонентные изоморфные ряды.

Химич. состав М., тесно связанный с его кристаллич. структурой, выражается химич. формулой, составленной по определённым правилам. Для каждого минер. вида используется идеализированная формула, которая отражает главные, повторяющиеся от индивида к индивиду особенности состава, содержит лишь элементы, присутствующие во всех без исключения индивидах данного М., второстепенные особенности состава в большинстве случаев игнорируются. Как правило, изоморфные группы элементов (сначала катионов, затем анионов) заключают в круглые скобки; элементы в скобках отделяют друг от друга запятыми, при этом находящиеся в большем количестве элементы пишутся на 1-м месте. Единственный катион или анион в скобки обычно не заключают. Иногда указывают валентность элемента. Если ионы в структуре М. занимают разл. положение, то в формуле они показываются отдельно. Дополнительные анионы (OH^- , F^- , Cl^- и др.) помещают после анионного радикала. В конце формулы через точку указывается кристаллогидратная вода. Примеры написания формул: гипс, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; альбит, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$; флогопит, $\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$; магнетит, $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$; малахит, $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$; нефелин, $(\text{Na},\text{K})\text{AlSiO}_4$.



Фото Н. А. Пековой

Формы выделения минералов: 1 – кристалл кальцита (Саяны, Россия); 2 – скрученный кристалл кварца (река Пуйва, Приполярный Урал, Россия); 3 – двойник ставролита (Кейвы, Кольский полуостров...)

В совр. минералогич. систематике, базирующейся на кристаллохимич. классификации М., в которой за основу принимаются в равной мере химич. состав и кристаллич. структура, выделяют: 1) самородные элементы и интерметаллич. соединения; 2) сульфиды, сульфосоли и им подобные соединения (арсениды, селениды и др.); 3) галогениды (хлориды, фториды, бромиды, иодиды); 4) оксиды (простые и сложные) и гидроксиды; 5) кислородные соли (нитраты, карбонаты, сульфаты, хроматы, вольфраматы и молибдаты; фосфаты, арсенаты и ванадаты; бораты, силикаты); 6) соли органич. кислот (оксалаты и др.). Силикаты, как наиболее многочисл. класс М., подразделяют по типам кристаллич. решётки на островные, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные. Представленная классификация не является исчерпывающей и периодически модифицируется.

В земной коре резко доминируют алюмосиликаты и силикаты (особенно полевые шпаты, а также слюды, амфиболы, пироксены, глинистые М. и др.); широко распространены оксиды (прежде всего кварц), гидроксиды, карбонаты (кальцит, доломит и др.). М. этих классов в сумме слагают св. 90% верхней части земной коры.

Физические свойства

Химич. состав и кристаллич. структура определяют физич. свойства М. К ним относятся: плотность, оптические, механические, люминесцентные, магнитные, электрич., термич. и др. свойства, радиоактивность. По плотности М. подразделяют на лёгкие (до 2500 кг/м³), средние (2500–4000 кг/м³), тяжёлые (4000–8000 кг/м³) и весьма тяжёлые (св. 8000 кг/м³). Среди оптич. свойств – цвет, блеск (различают металлич., полуметаллич., алмазный, стеклянный, жирный, перламутровый, шелковистый и др.), степень прозрачности (М. разделяют на прозрачные, полупрозрачные, просвечивающиеся и непрозрачные), светопреломление и отражение, плеохроизм и др. Механич. свойства включают твёрдость, упругие свойства (хрупкость, ковкость и др.), спайность, излом (характер поверхности раскола, произошедшего не по спайности, – ступенчатый, занозистый, раковистый и др.). Твёрдость М. – сопротивление М. внешнему механич. воздействию другого, более твёрдого тела; в зависимости от метода испытания различают твёрдость царапания (наиболее распространён способ царапания эталонными М. Мооса шкалы), вдавливания, шлифования.

Морфология

Форма выделения М. зависит от их внутр. структуры и условий образования. Кристаллич. структура обуславливает принадлежность М. к к.-л. кристаллографич. сингонии и классу симметрии, которые определяют форму кристаллов. При описании внешнего вида кристаллов используют термины «облик» (описывает соотношение размеров кристаллов в разл. направлениях, напр. изометричный, вытянутый, уплощённый) и габитус (более детально характеризует форму кристаллов, отражая преобладание тех или иных граней простых форм – кубов, октаэдров, призм и др.). При разл. условиях образования кристаллы одного и того же М. могут иметь разл. облик и габитус. Быстрая кристаллизация М. приводит к искажению формы их кристаллов, возникновению скелетных, дендритных, нитевидных форм, сферокристаллов. Кристаллы М. нередко несут на гранях характерную штриховку, фигуры роста и растворения. Массовая кристаллизация (напр., при образовании интрузивных горных пород) создаёт обстановку стеснённого роста, и М. образуют зёрна неправильной формы.

Значительно чаще, чем отд. кристаллы М., встречаются их сростки и агрегаты. Для кристаллов мн. М. характерны закономерные сростания: двойники (часто полисинтетические), параллельные и эпитаксические сростки и др. По морфологии минер. агрегаты разделяются на друзы, щётки, дендриты; зернистые, плотные и землистые массы, оолиты, сферолиты, секреции, конкреции, натёчные образования и др.

Диагностика

Физич. свойства, химич. состав и морфологич. особенности М. – основа их диагностики, поисков, в ряде случаев и практич. применения. Предварительная полевая диагностика М. производится по внешним признакам, морфологии выделений, твёрдости, плотности, цвету черты (цвет М. в порошке), блеску, побежалости, спайности, излому, люминесценции, магнитности и др. В лабораторных условиях проводится исследование оптич. свойств М. под микроскопом (в прозрачных шлифах, аншлифах, иммерсионных препаратах). Точная диагностика осуществляется на основе определения химич. состава и кристаллич. структуры М. В изучении М. широко применяются такие методы, как рентгеноструктурный анализ, электронно-зондовый микроанализ, электронная микроскопия, ИК-спектроскопия, атомно-абсорбционный анализ и др. (см. Минералогия).

Генезис

Понятие «генезис М.» включает следующие характеристики: геологич. условия и геохимич. обстановки возникновения М., фазовое состояние среды минералообразования, её физико-химич. параметры (температура, давление, активность компонентов, кислородный потенциал, режим основности-кислотности и др.); механизм зарождения, роста и развития М., в частности способ образования (свободная кристаллизация, метасоматич. развитие, перекристаллизация, раскристаллизация гелей и др.); процессы последующего изменения и др.

М. возникают в разл. геологич. условиях и геохимич. обстановках в связи с процессами [магматизма](#), [метаморфизма](#), [метасоматоза](#), вулканич. и гидротермальной деятельностью, с процессами осадкообразования и их последующего преобразования ([диагенез](#), [катагенез](#), [метагенез](#)), в [коре выветривания](#), зоне окисления рудных месторождений и др. В определённом участке земной коры обычно присутствуют несколько М., которые образуют [минеральные ассоциации](#). Закономерно образующиеся в ходе единого процесса, ограниченного в пространстве и во времени и протекающего в определённых физико-химич. условиях, ассоциации называются парагенезисом М. (парагенетич. ассоциациями). Поскольку природные процессы протекают в условиях меняющихся температур, давления и концентрации компонентов, то в ходе их развития одни парагенетич. ассоциации М. закономерно сменяются другими. Парагенетич. анализ позволяет предсказывать нахождение М. в той или иной ассоциации, а также выделять разл. стадии процесса минералообразования. Нередко М. встречается на месторождении в разных парагенетич. ассоциациях, т. е. М. образовался на разных стадиях формирования месторождения. Такие разновременные выделения одного и того же М. называются генерациями.

Зарождение М. может происходить в разл. по фазовому состоянию средах: твёрдых (при метаморфизме), жидких (из расплава в процессе магматизма, из горячих водных растворов в гидротермальных условиях, из мор. воды в осадочном процессе), газообразных (при вулканизме). В процессе роста М. взаимодействует с минералообразующей средой, при этом он захватывает разл. примеси, которые входят в него изоморфно или в форме механич., газовой-жидких, расплавных и др. [включений](#).

При смене физико-химич. обстановки (изменение температур, увеличение давления, приток новых растворов и т. д.) иногда происходят явления механич. деформации, растворение, полиморфные превращения, распад твёрдых растворов, перекристаллизация, изменение химич. состава М. и др. На каждой стадии процесса минералообразования М. приобретает специфич. типоморфные черты (см. [Типоморфизм минералов](#)).

Для определения генезиса М., кроме наблюдения геологич. условий нахождения, парагенетич. анализа, исследования включений, выявления типоморфных особенностей, проводят расчёты термодинамич. характеристик и эксперим. моделирование возможных природных процессов образования, изотопный анализ и др. Получение данных о генезисе М. позволяет реконструировать геологич. процессы и историю формирования месторождений полезных ископаемых, что создаёт науч. основу для их поисков, разведки и пром. оценки.

Применение

В технике и пром-сти используется 15–20% всех известных минер. видов. М. являются рудами чёрных и цветных металлов, редких и рассеянных элементов, минер. удобрениями, сырьём для химич. пром-сти и др. М. широко применяются при произ-ве красителей, огнеупоров, теплоизоляторов, строит. материалов, в керамич. пром-сти и др. Ряд М. является ювелирными и поделочными камнями. Применение мн. М. базируется на их физич. свойствах: твёрдые М. (алмаз, корунд и др.) используются как абразивы; М. с пьезоэлектрич. свойствами (напр.,

кварц) – в радиоэлектронике; электроизоляционные М. (в т. ч. слюды) – в электро- и радиотехнике и т. д. Образцы М. с высокими декоративными свойствами (кристаллы, друзы и др.) обладают музейной и коллекционной ценностью, а также служат для украшения интерьеров. В широких масштабах осуществляется синтез М. для нужд пром-сти, техники и науки.

Литература

Лит.: Минералы: Справочник. М., 1960–2003. Т. 1–5; Лазаренко Е. К. Курс минералогии. 2-е изд. М., 1971; Годовиков А. А. Введение в минералогию. Новосиби., 1973; он же. Химические основы систематики минералов. М., 1979; он же. Минералогия. 2-е изд. М., 1983; Платонов А. Н. Природа окраски минералов. К., 1976; Жабин А. Г. Онтогенез минералов: Агрегаты. М., 1979; Флейшер М. Словарь минеральных видов. М., 1990; Бетехтин А. Г. Курс минералогии. 2-е изд. М., 2010.

Loading [MathJax]/jax/output/HTML-CSS/fonts/TeX/fontdata.js