

О минералах — вообще и в частности



Каждый день реклама твердит нам о минералах. Минералы в лекарствах, в косметике, в кошачьем корме. Что же это такое — минералы? Попробуем разобраться.

По определению, минерал — это твердое тело природного неорганического происхождения, имеющее определенный состав, выражаемый химической формулой, и кристаллическое строение. Из минералов состоит твердая земная кора, где они представлены отдельными кристаллами или кристаллическими образованиями, но главным образом как однородные кристаллические компоненты горных пород.

Итак, минералы — это кристаллы (или кристаллики), которые можно пощупать, измерить, взвесить или хотя бы увидеть, пусть даже в лупу или микроскоп. Ясно, что минералы в кошачьем корме — не более чем рекламный вздор. Но со многими минералами мы действительно имеем дело в повседневной жизни. И буквально каждый день — с самым жизненно важным, незаменимым минералом № 1 — обыкновенной поваренной (каменной) солью, по-научному галитом. Скромнее роль в нашей жизни других минералов, например драгоценных камней. Или полевого шпата, используемого для производства фарфора, фаянса и зубных паст. Из минералов состоят природные камни, используемые в строительстве. Другие минералы служат источниками металлов, из которых делают гвозди, провода, часовые механизмы, космические аппараты и вообще множество нужных вещей.

Слово «минерал» употребляется также в *собирательном* значении вместо более точного термина «минеральный вид», аналогичного биологическому виду животного или растения. Исходя из определения понятия минерала, минеральный вид — это совокупность минералов, одинаковых по химическому составу и кристаллической структуре. Упомянутый галит (фото 1 и 2) — это природные кристаллы хлорида натрия NaCl с кубической кристаллической решеткой и параметром элементарной ячейки $a_0 = 0,564$ нм (рис. 1). Два минерала относятся к одному минеральному виду, если у них попарно совпадают оба определяющих признака, и к

Фото автора

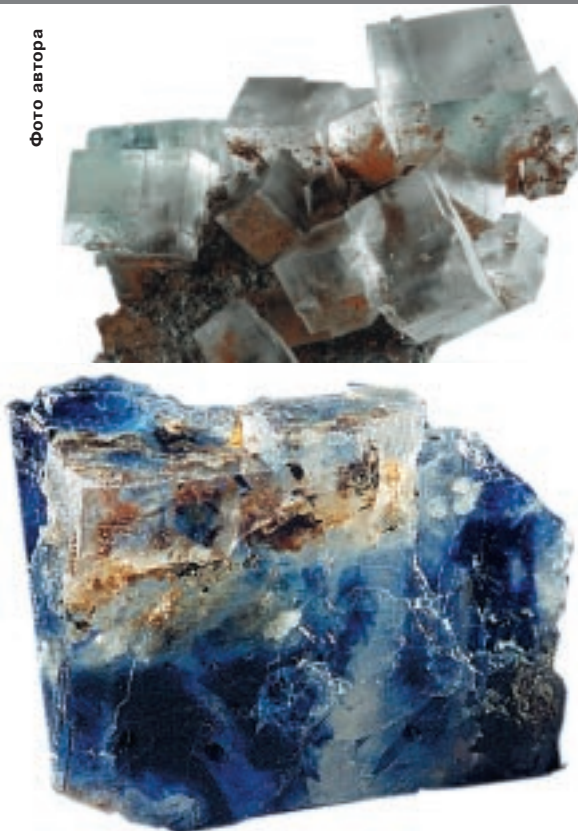


Фото 1
Кристаллы галита

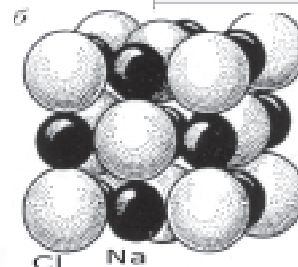
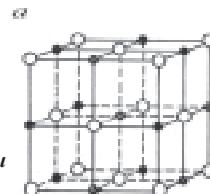


Рис. 1
Кристаллическая решетка (а) и структура (б) галита

Фото 2
Кристалл галита.
Синяя окраска связана с дефектами кристаллической структуры

разным видам, если хотя бы в одной паре имеется несовпадение. Например, одинаковые по составу, но структурно различные пирит FeS_2 (фото 3 и 4) и марказит FeS_2 (фото 5 и 6) — разные минералы. В данном случае это заметно и так, но вообще-то внешность минералов обманчива и порождает немало недоразумений. В частности, несмотря на идентичность внутренней структуры, внешние формы кристаллов одного и того же минерала могут быть весьма разными, как это видно на примере пирита (фото 3 и 4).

Теперь, когда с минералами, казалось бы, все ясно и достаточно про-

сто, полезно проследить, как представление о них менялось со временем. Эти изменения демонстрируют связь с развитием производства и хозяйственных потребностей, то есть с самой историей человечества. Начнем сначала.

Первобытный человек не имел ни малейшего понятия ни о химическом составе и кристаллической структуре,

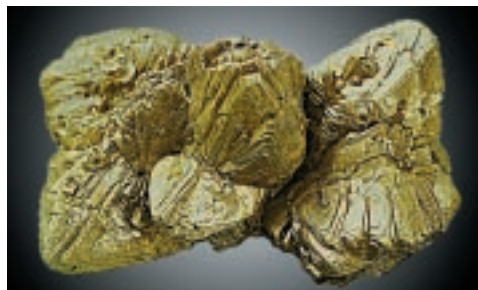


Фото 3
Сросток кристаллов пирита

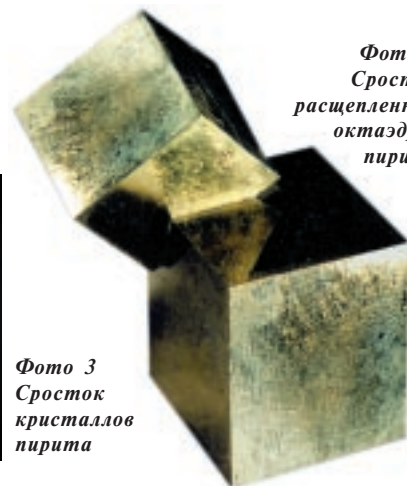


Фото 4
Сросток расщепленных октаэдров пирита

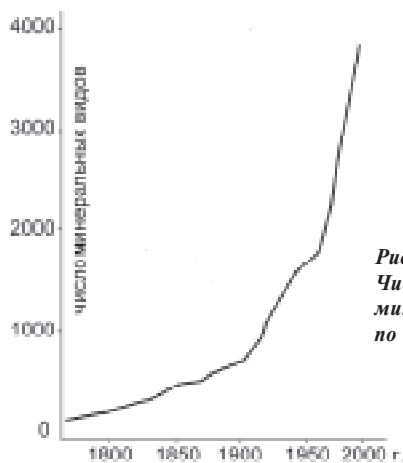


Рис. 2
Численность открытых минеральных видов по годам

Фото 5
Дендритные кристаллы марказита

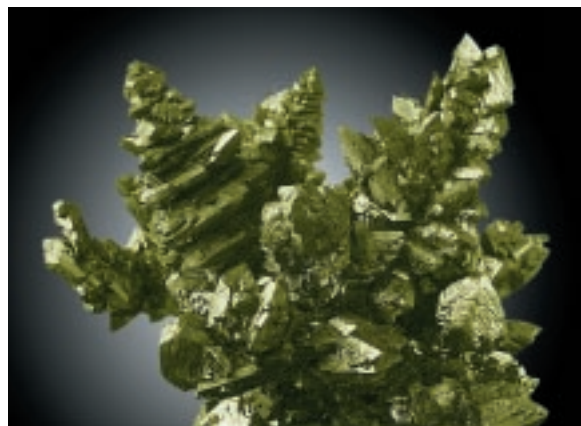


Фото 6
Сферолиты марказита сложены тончайшими игольчатыми кристалликами, расположенными по радиусам



ни о самих минералах. В окружавшей его природе он видел просто камни, умел отличать их от растений, от животных и друг от друга, и этого было достаточно для изготовления примитивных орудий и сооружений. Вместе с тем интересен тот факт, что отдельные минералы (как мы назвали бы их сегодня) явно привлекали внимание древнего человека независимо от их практического использования.

Зачем, например, понадобился ему куб галенита, найденный в 1986 году при раскопках палеолитических курганов Долины Миссисиппи (США)? Это как раз тот случай, когда можно делать серьезные выводы. Дело в том, что галенит PbS, тяжелый минерал с сильным металлическим блеском (образец показан на фото 7), не валяется под ногами где угодно. Древний человек мог подобрать его только там, где рудная залежь выходила на поверхность земли — не ближе чем в сотне километров от места раскопок, где пролегает рудная полоса Вайбурнум-Тренд. И на протяжении этого далекого пути человек не расставался со своей находкой. До практического применения галенита (ныне это главная руда свинца) оставались тысячелетия. Историческая наука отрицает и возможность его культового предназначения. Остается одно: находка заинтересовала человека необычным видом — блеском, тяжестью, еще чем-нибудь. По-видимому, стремление сохранять необычное, редкое, исчезающее, иными словами, инстинкт коллекционирования, генети-

чески свойственно Homo sapiens — человеку разумному.

Но вернемся к понятию минерала. В IV веке до н. э. Аристотель поделил природу 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. Любознательные греки и римляне собирали и хранили сведения о минералах, старались найти им практическое применение. Сочинение «О камнях» ученика Аристотеля Теофраста (372–287 годы до н. э.) содержало подобные сведения о 60 минералах. Непревзойденной по тем временам полнотой отличались сводки, составленные римским натуралистом Плинием Старшим (24–79 годы).

По мере накопления данных и открытия ранее неизвестных минеральных видов (рис. 2) понятие минерала сужалось. Но примерно до начала XVI столетия все еще не делалось различия между минералами как таковыми и горными породами, окаменелостями, рудами, а также искусственными продуктами; основное внимание уделялось применению и способам идентификации минеральных веществ. Так, одна из наиболее полных сводок, составленная в 1048 году узбекским энциклопедистом Бируни, содержала детальные характеристики более сотни веществ — минералов, горных пород, сплавов, красок, стекол и т. д. Иначе

обстояло дело в средневековой Европе. Трактаты о камнях («лапидарии»), как правило, не выходили за рамки компиляций и схоластических комментариев к античным текстам при непрерывном перечислении «сокровенных» свойств камней: «Тем, кто носит агат, он дарует и силу, и крепость. // Делает красноречивым, приятным и с виду цветущим» (Марбод Реннский, 1080 год).

Сам термин «минерал», насколько известно, впервые встречается в сочинении ученого монаха XIII в. Альбертуса Магнуса (Альберта Великого). На средневековой латыни он означал «то, что из рудника», «ископаемое». Это уже намек на практическое отношение к минералам, отражение более зрелой стадии разделения труда и, соответственно, дифференциации знания. Исключение из понятия минерала искусственных тел стало первым шагом в его эволюции. Но к минералам все еще относили любые ископаемые тела: и обломки горных пород, и окаменевшие остатки животных и растений, а также воду, нефть, каменный уголь. Необходимость расчленить общее понятие еще не назрела.

В эпоху Ренессанса расцвет промышленного производства и торговли увеличил спрос на металлы, особенно цветные и благородные, что обусловило интенсивное освоение месторождений, развитие горного дела и металлургии. Возникли новые вопросы к науке, прежде всего относительно рудных минералов и их спутников в рудных жилах и залежах. Среди ученых-натуралистов, отказавшихся от средневековой схоластики и посвятивших себя прямому изучению природы, выделяется фигура саксонского врача, минералога и коллекционера Георгия Агриколы (латинизированное имя Георга Бауэра, 1494–1555). Изучая «ископаемые» не по древним манускриптам, а непосредственно в горных выработках, Агрикола составил описания *физических свойств* многих минералов, окаменелостей, разного рода камней и даже каменных топов, 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. Он расстался с традициями алхимии, а о «сверхъестественных силах» 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 год). За сотни лет до великих научных открытий, известных сегодня каждому школьнику, Агрикола объявил миру то, о чем не мешало бы помнить современному 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 века 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, науку соответственно интересовал в первую очередь их состав и содержание нужных химических элементов. Утверждению «химического» взгляда на минералы весьма 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 минералог 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 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), минералог Г.Чермак (1836–1927), П. Грот (1843–1928), А.К. Болдырев (1883–1946) и другие.

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. Это заключало в себе мысль о единстве организации природы, всегда волновавшую 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 удаётся 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 такие природные кристаллы, как исландский шпат, оптический флюорит, пьезокварц и др. Существенно, что подавляющее большинство твердых тел, составляющих земную кору, находится в кристаллическом состоянии. От аморфных тел их отличают не только особые свойства, связанные с правильностью внутреннего строения, но и гораздо большая определенность химического состава. А наука уже владела способами «заглядывать» в кристаллические структуры и даже расшифровывать их. Эти способы были основаны на дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, открытой еще в 1912 году 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.

Правда, природа 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 понизиться всего до 0°C, и вода 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°C. Согласно формальному определению, *минерал* «самородная ртуть» следовало бы хранить и демонстрировать в музеях и коллекциях при температурах ниже –39°C, а *минерал* «лед» — ниже 0°C. 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 0 — –39°C, позволяющий «прописать» среди минералов две упомянутые жидкости. Природа здесь пока ничего не подсказала, оставив это нашей собственной проблемой. Проблемы есть и с некоторыми твердыми телами (например, с так называемым «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 соображения.

Хорошо известно, что жизнь, биологическая форма организации материи, подчиняясь фундаментальным законам

Фото 7
Кристалл
галенита

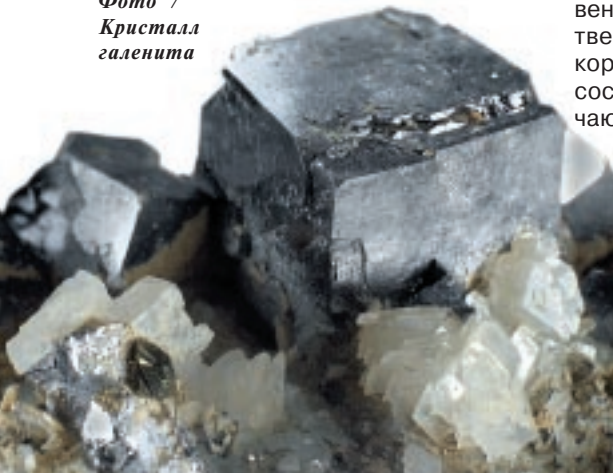




Фото 10
Природные
деревоподобные
кристаллы
самородного
серебра



Фото 8
Кристалл
киновари — сульфида
ртути HgS



Фото 9
Скелетный кристалл куприта — оксида
меди Cu_2O

физики и химии, отнюдь не сводится к ним. Биологический вид определяется специфически биологическими признаками. Попытка описать живой организм некой совокупностью физических и химических свойств выглядела бы по меньшей мере странно. В отличие от живых существ, минерал 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 отличить природный рубин или другой ювелирный камень от его «синтетического» аналога. Не так уж и прост минерал! Сей весьма важный факт, кажется, остался за рамками нашего определения.

Но у нас еще есть в запасе «природное происхождение» (см. начало статьи). Что это: протокольный факт? Нет, это еще и *свойство* самого минерала. 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 те признаки, что отличают минерал от искусственного кристалла, даже полностью идентичного ему по составу и структуре. Далеко не все их удается расшифровать, хотя минералоги усердно работают в этом направлении. Более того, следует, по-видимому, 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 совершенно 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. Приведенные фотографии дают о нем лишь весьма отдаленное представление. Оговоримся, что многие минералы известны пока лишь как единичные находки. Остальное царство минералов характеризуется *многообразием* форм, помноженным на *несовершенство*.

Многообразие кристаллических форм минералов порождается широким диапазоном термодинамических условий их образования, длительности процессов кристаллизации и влиянием всегда присутствующих посторонних веществ. На кристаллах одного из при-

Фото 11, 12
Кристаллы
апофиллита



родных карбонатов кальция — кальцита CaCO_3 обнаружено несколько сотен кристаллических форм! Многие из них даже получили выразительные горняцкие прозвища — от «собачьего клыка» до «крыла ангела». Еще более многообразны сложные индивидуальные и «коллективные» индивиды. Даже малая доля этого многообразия совершенно немыслима в параллельном мире искусственных кристаллов.

Не менее эффективный фактор разнообразия — несовершенство кристаллов. Идеальный кристалл — один, несовершенный — 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 (некоторые из приведенных здесь фотографий сопровождаются, для сравнения, такими чертежами), — чистейшая абстракция. Абсолютное совершенство, абсолютная симметрия принципиально чужды природным кристаллам. Показателен пример одного из самых распространенных минералов — кварца SiO_2 , на долю которого приходится более 12% земной коры. Кристаллы кварца можно найти повсюду, от высокогорных хрустальных жил до известняковых карьеров Подмосковья. Но даже *относительно* малодфектные 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 *минимуму свободной энергии* — а именно он и означает совершенство в переводе на строгий язык науки, — и стремлением достигнуть этого минимума *как можно скорее*. Если бы процессы природной кристаллизации не сопровождались «спешкой» (в одних случаях измеряемой сутками, в других — миллионами лет), то мир в бесконечной перспективе 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 можно предсказать 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 преодолена совершенствованием методов идентификации минералов, но в прошлом была весьма распространена. Так, красивый минерал апофиллит $\text{KCa}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_2\text{F}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (фото 11 и 12) за 70-летний период (1784–1853) «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 распрост-



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

раненности в земной коре, причем вероятность встречи, по законам комбинаторики, тем меньше, чем сложнее состав минерала. Его кристаллическая структура должна быть устойчива при термодинамических параметрах места «встречи». Возникший минерал сможет «выжить», оказавшись устойчивым и по отношению к изменяющимся условиям 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 открываются 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 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 — вызывающий справедливое удивление, 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.

