

## МИНЕРАЛОГИЯ ДЛЯ ВСЕХ

УДК 549.091

Б.З.Кантор

### СВИДЕТЕЛЬСТВУЮТ РАСЩЕПЛЕННЫЕ КРИСТАЛЛЫ<sup>1</sup>

Принято считать, что минералы вечны, инертны и безжизненны. В пример нередко приводят драгоценные камни, и действительно, мы не замечаем в них перемен на протяжении целых исторических эпох.

Так мы видим вещи в привычном нам масштабе времени, в котором живем сами. Но наблюдаемая жизнь минералов - в коллекциях, украшениях и во всем, к чему приложил руку человек, - лишь ничтожная частичка их истории. И как только, призвав на помощь воображение, мы начинаем листать ее страницы, картина неузнаваемо изменяется. Минералы, оказывается, тоже "живут" и даже изобретательно приспособляются к условиям жизни, внушая парадоксальную аналогию с живыми организмами. Об одном таком примере мы расскажем.

#### Линия жизни

История минерального индивида всегда начинается стадией роста. Крохотный, невидимый даже в сильный микроскоп кристаллический зародыш присоединяет к себе частички вещества из питающей его среды и увеличивается в размерах; **проходит время** - он вырастает в полновесный кристалл, а случается - и в многотонный гигант. Наряду с типичным обликом кальцита, граната или другого минерала он непременно обзаводится и отличающими его от собратьев того же названия индивидуальными чертами. Они формируются под влиянием конкретных условий развития: концентрации, температуры, давления, состава питающей среды, направления ее движения и даже "позы" самого кристалла - вверх, вниз или вбок растущим концом.

За всем этим угадывается закономерность и некая цель. Но какая? Строгая и точная наука - физика - отвечает: обеспечение минимума свободной энергии. Обсуждение этого непростого вопроса заняло бы целую книгу; мы ограничимся замечанием, что речь идет о фундаментальном принципе устройства природы, и поясним его на интересующем нас примере - росте кристалла.

Свободная энергия в нашем случае - это энергия нескомпенсированных межатомных связей, а носители ее - те частички вещества, которые хаотически разбросаны в питающем растворе и которым предстоит объединиться в регулярной и плотной упаковке кристалла. Имеется существенная разница между частицами, которые в процессе кристаллизации перекрываются другими частицами и оказываются внутри кристалла, и те-

<sup>1</sup> С работы Б.З.Кантора мы начинаем публиковать статьи, интересные для любителей-коллекционеров минералов и написанные ими.

ми, что присоединяются к нему в последнюю очередь и остаются, таким образом, на поверхности. В объеме кристалла каждая частица окружена другими, и связи взаимно компенсированы. На поверхности же связи компенсированы только с внутренней стороны, и поверхность остается, таким образом, носителем свободной энергии. С ростом кристалла его поверхность увеличивается, но объем увеличивается быстрее. В итоге получается энергетический выигрыш - именно он и служит стимулом кристаллизации.

Но поверхность поверхности рознь, в зависимости от формы кристалла. Чтобы энергетический выигрыш был максимальным, кристалл стремится обрести наиболее компактную форму с минимальной поверхностью. Это, между прочим, и есть физическая подоплека той "целесообразности" в кристаллах, которую мы интуитивно воспринимаем как красоту.

Но в определенных обстоятельствах возникает конкурентная тенденция, вызванная наличием в кристалле еще одного носителя свободной энергии. Это - многочисленные внутренние дефекты кристалла: оставшиеся пустыми узлы кристаллической решетки, внедрившиеся в нее посторонние и лишние атомы, дислокации и другие нарушения правильности решетки. Подобные случайные "ошибки" кристаллизации неизбежно появляются при построении всех реальных кристаллических структур. Особенно много дефектов возникает при быстром росте: кристалл буквально нашпигован ими. И тогда кристалл частично жертвует компактностью, чтобы избавиться таким способом от части внутренних дефектов. Результат компромисса - опять-таки энергетический выигрыш.

Познакомившись с возникшими при этом любопытными кристаллическими постройками, мы должны будем признать, что красоте кристаллов упомянутый компромисс совсем не повредил. А это верный признак того, что природа и на сей раз поступила самым целесообразным способом.

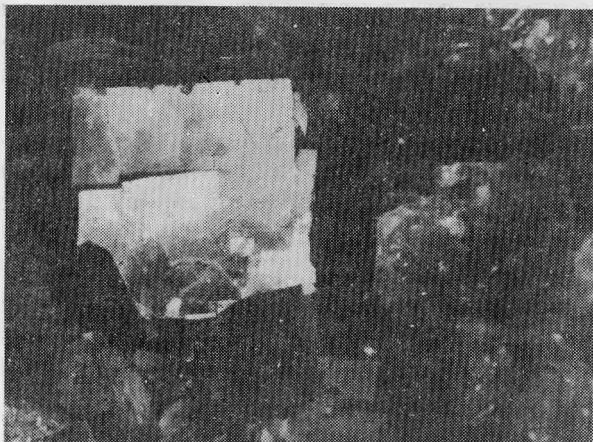
#### Способ поведения

Как же реализуется компромисс? Для этого кристалл в процессе роста расщепляется на так называемые субиндивиды.

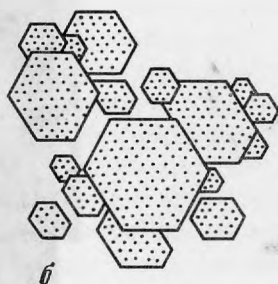
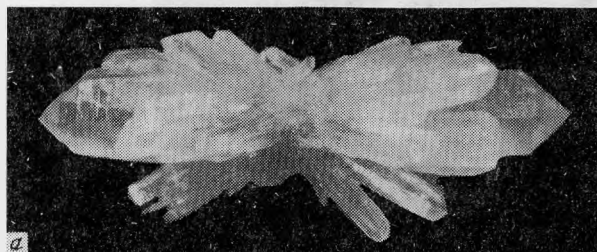
В начале расщепленного роста кристаллическая структура разделяется скоплениями дефектов на отдельные блоки, чуть-чуть разориентированные относительно друг друга. По мере роста они также в свою очередь расщепляются, порождая блоки новых поколений, разориентировка нарастает и в конце концов становится заметной на глаз. Расколом пополам кристалл галенита или флюорита. В середине мы увидим идеальную спайную плоскость, а ближе к периферии - угловатый рельеф, напоминающий расшатанный паркет. Похожий узор из субиндивидов очень часто можно видеть и на гранях этих кристаллов. Одним краем субиндивид несколько приподнимается над гранью. Другого же края просто нет - с этой стороны субиндивид сливается с гранью, не образуя замкнутой границы (рис. 1).

Галенит, флюорит растут и расщепляются примерно одинаково по всем направлениям. Иначе ведут себя кристаллы удлиненного облика, растущие преимущественно в одном направлении. Расщепление наиболее интенсивно идет на растущем конце - "головке", которая может расщепляться в "пучок" субиндивидов. Таковы "пучки" кварца, встречающиеся на многих месторождениях. Когда кристаллу выпадает возможность расти сразу обоими концами, расщепление тоже идет на обоих концах и вместо пучка получается "сноповидный сросток" (рис. 2, а). Заметим, что последнее название не совсем удачно: расщепленный кристалл получается вовсе не "срастанием" нескольких индивидов, а, наоборот, разрастанием единственного.

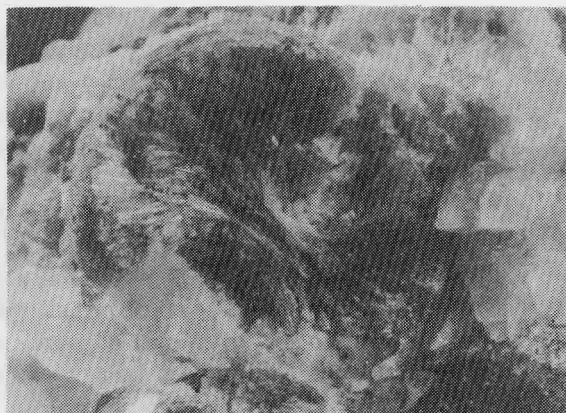
Когда кристалл интенсивно расщепляется в течение всего процесса роста, вместо "снопа" получается сферокристалл с характерной фигурой "двулистника" (рис. 3).



Р и с. 1. Субиндивид на грани куба флюорита



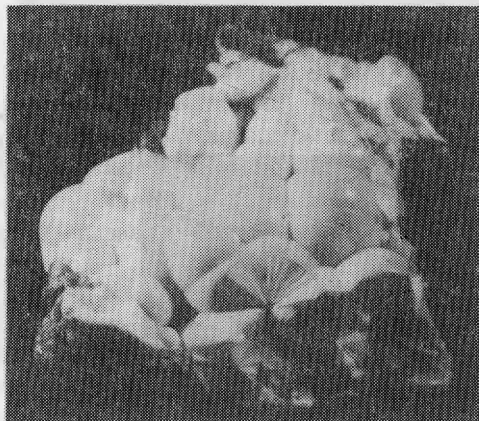
Р и с. 2. Сноповидный сросток кварца. Длина 5,5 см. Дашкесан, АзССР  
а - общий вид; б - поперечное сечение



Р и с. 3. "Двулистник" стильбита. Длина 3 см.  
Сарбайское месторождение, КазССР

В то же время нормальный рост на расщепленной затравке приводит к образованию сферолита, сложенного тонкими радиальными волокнами. Сферолиты с гладкой, блестящей почковидной поверхностью (рис. 4) в старину называли "стеклянными головами". Такое строение свойственно поделочному малахиту, некоторым разновидностям гематита, гематита и др.

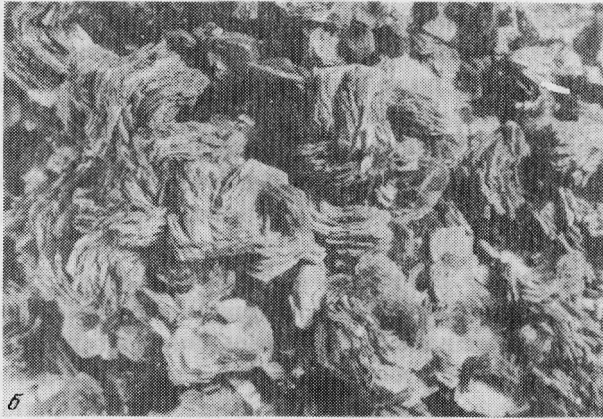
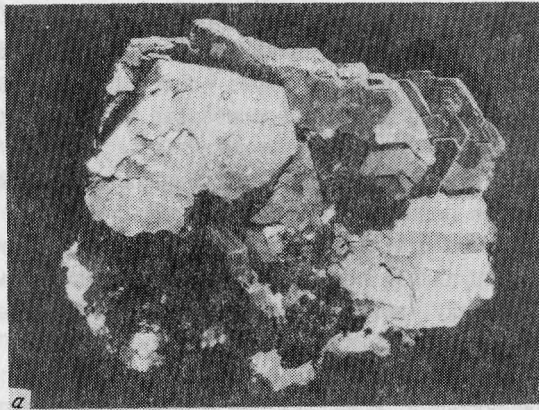
Едва ли не самые эффектные формы расщепленного роста - розы. В них субиндивиды располагаются, обычно на грани пинакоида, наподобие развернутой карточной колоды. Название пошло от знаменитых альпийских "железных роз" - расщепленных кристаллов гематита, формой действительно напоминающих царственный цветок. Сами "железные розы" давно стали редкой коллекционерской экзотикой. Однако такая же форма расщепления свойственна бариту, азуриту, гейландиту, полевым шпатам, корунду и ряду других минералов (рис. 5). Конечно, совершенно неправильно применять это название к друзовым сросткам пластинчатых кристаллов, расположение которых случайно напоминает розу.



Р и с. 4. Сферолиты пренита. Диаметр сферолитов до 1 см. Эвенкия

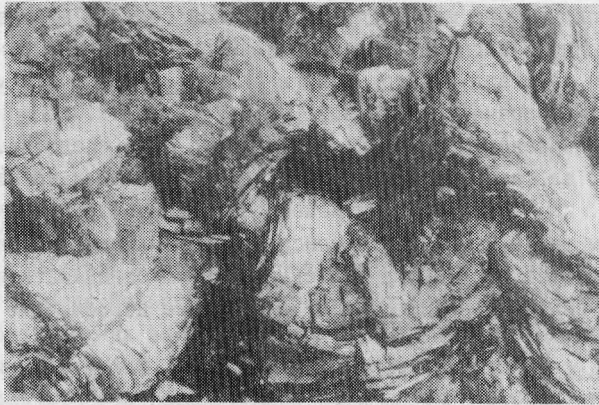
Расщепление может происходить и без обособления субиндивидов. Кристалл сохраняет монолитность, но выглядит необычно: ромбоэдри доломита, магнезита, кубики пирита напоминают седло (рис. 6), кристалл кварца закручивается пропеллером, слюды образуют скорлуповатые "глазки". В конце концов противоположные края разворачиваются навстречу друг другу и смыкаются. Подобные образования также должны быть отнесены к сферокристаллам.

Не следует думать, что все это свойственно только названным минералам. Особенности некоторых кристаллических структур создают предпосылки для расщепления, в то же время само явление расщепления - особенность процесса кристаллизации в определенных условиях. Правда, некоторые минералы и образуются чаще всего именно в таких условиях, что дает основание считать их "типично" расщепляющимися и даже использовать расщепление как диагностический признак (например, для стильбита или малахита). Но в принципе расщепляться могут любые кристаллы. Разве не заманчиво собрать толковую коллекцию этих истинных украшений минерального царства, представляющих большой интерес и для науки! Но для этого, конечно, надо иметь представление о "механике" расщепления, его закономерностях и признаках.



Р и с. 5. Розы

а - начальная фаза расщепления розой на пинакоиде пирротина. Размер 9x7,5 см. Николаевский рудник, Приморье; б - клинохлор. Размер "роз" до 1 см. Коршуновское месторождение, Иркутская обл.



Р и с. 6. Седловидные кристаллы пирита. Размер 6x5 см. Калангуй, Читинская обл.

## Как это происходит

Итак, расщепление **не что иное**, как динамичная приспособительная реакция кристалла на те условия развития, которые провоцируют обилие структурных дефектов. Насколько закономерно возникновение дефектов, настолько же закономерно и расщепление.

Как упоминалось, расщепление начинается с блокирования структуры. При дальнейшем росте и накоплении дефектов рано или поздно находится повод для обособления субиндивида. Таким поводом обычно служит взаимодействие с препятствием - соседним кристаллом, стенкой полости, крупинкой посторонней примеси. Упершись в препятствие или облекая примесную частичку, кристалл испытывает механические напряжения, которые способствуют размножению дефектов и одновременно "сгоняют" их в одну зону. Концентрация дефектов приводит к грубому блокированию, а это, как мы видели, и есть в сущности отделение субиндивида. Кристалл при этом освобождается от заметной доли дефектов: они выходят на поверхность и тем самым прекращают существование, отдавая энергию. Нечто подобное происходит, конечно, в несравненно больших масштабах, при ковке и прокатке металла. В дальнейшем внешний повод уже не нужен: процесс становится автономным, так как отложение вещества в зазоре между кристаллом и субиндивидом создает расклинивающее усилие и новые напряжения в основании субиндивида, что ведет к обособлению следующих субиндивидов, и т.д.

Обнаружившие механизм расщепления ленинградские ученые Ю.Н.Пунин, Т.П.Ульянова и др. наблюдали в опытах по искусственной кристаллизации одну важную закономерность. По мере снижения концентрации раствора рост кристаллов замедлялся и расщепление, естественно, тоже. А при некоторой достаточно низкой - "критической" - концентрации обособление субиндивидов прекращалось совсем, хотя раствор все еще оставался пересыщенным и рост, таким образом, продолжался. Возможно, здесь кроется по крайней мере одна из причин того, что кристалл может в одной фазе роста расщепляться, а в другой - нет.

Познакомившись с теорией, предпримем теперь маленькое самостоятельное исследование. Оно будет чисто "любительским" - не потребует никаких специальных приборов. Понадобятся лишь 7-10-кратная лупа и кусочки минералов, не обязательно качественные коллекционные экспонаты.

Начнем с расщепленного кристалла кварца вроде того, что показан на рис. 2, а. Хорошенько рассмотрим его в лупу. Обратим внимание, что, во-первых, субиндивиды расположены только вокруг того места, откуда начался рост - "центра роста". Во-вторых, каждый субиндивид выглядит как нормальный нерасщепленный кристалл. В-третьих, и основной кристалл, и субиндивиды вблизи центра роста мутны, тогда как головки их совсем прозрачны - настоящий горный хрусталь. Прозрачность - признак относительного совершенства кристалла, что могло быть следствием медленного роста. Непрозрачность же, наоборот, говорит о быстром росте и насыщенности включениями и дефектами. Из всего этого мы можем заключить, что кристалл, вероятно, начал расти в быстром темпе и вначале интенсивно расщеплялся, но затем рост замедлился, а видимое расщепление прекратилось. Мы можем догадываться, что вначале питающий раствор был сильно пересыщен, впоследствии же пересыщение стало ниже критического.

Займемся теперь излюбленным объектом собирательства - агатами. Как известно, агат - это поделочный камень, сложенный главным образом сферолитовыми корками халцедона, обязанными своим происхождением, очевидно, нарастанию на расщепленные затравки волокнистых кристалликов кварца. Окраска его большей частью обус-

ловлена включениями оксидов железа и органических веществ; некоторые включения мы в нашу лупу сможем разглядеть. Очевидно, кристаллизация шла из весьма концентрированных по отношению к  $\text{SiO}_2$  растворов, содержавших также примеси, и это способствовало интенсивному расщеплению. С истощением растворов, если к тому времени в полости еще оставалось место, халцедон должен был смениться кристаллическим кварцем. Вследствие упомянутой критичности смена должна была произойти резко, а не постепенно. И действительно, ядро агата, кристаллизовавшееся в последнюю очередь, нередко заполнено друзовым агрегатом кварца, отчетливо отграниченным от подстилающего его халцедона.

Подведем итог. Расщепленные кристаллы не просто радуют глаз "железными розами", шелковым блеском малахита, снопами стильбита, они рассказывают нам свои биографии. Минералогу-профессионалу они подскажут, как лучше распорядиться арсеналом исследовательских средств, чтобы направить исследование в нужную сторону. А любитель минералов представит цепочку событий, конечный результат которых он хранит в своей коллекции - загадочное, хотя теперь и уже чуть-чуть понятное, прекрасное произведение природы.

Научимся замечать и распознавать расщепленные кристаллы. Главное их отличие от сростков и других кристаллических агрегатов - закономерное, а не хаотическое расположение субиндивидов. Внимательно рассмотрим пучок или снопок кварца, повернув его к себе головкой. Мы увидим правильную "кристаллическую семью", в поперечном сечении напоминающую аккуратную мозаику из шестиугольников, выложенных строго параллельно друг другу (рис. 2,б). В обычном сростке так не бывает. И еще: сравнивая расщепленные и нерасщепленные кристаллы одного минерала, мы заметим в них одинаковые элементы симметрии. Кристалл призматического облика с единственной главной осью симметрии расщепляется в пространственный пучок с осью того же порядка, как в только что рассмотренном примере с кварцем. Но если в направлении преимущественного роста имеется только ось 2-го порядка или плоскость симметрии, то и пучок будет уплощенным или совсем плоским, веерообразным; так расщепляются, например, эпидот и гемиморфит. Еще пример: в скрученных кубах пирита (см. рис.6) можно обнаружить тройные оси симметрии, свойственные и нормальным кристаллам. Однако в последних нет осей 4-го порядка - не найдем мы их и в скрученных кристаллах. С другой стороны, те кристаллы кубической сингонии, которые в отличие от пирита имеют оси 4-го порядка (например, галит), не дают скрученных и седловидных форм - наличием таких осей это запрещено.

УДК 549(09)

Н.Ю.Годлевская

МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ ГОДЛЕВСКИЙ

Годлевские относятся к древнему польскому рыцарскому роду. В гербовнике дворянских родов Царства Польского сказано: "Годлевские - фамилия многочисленная, большей частью в прежних землях Нурской и Ломжинской оседлая. Многие из них исправляли разные должности и владели поместьями... Среди них были и владевшие землями и бывшие судьями, скарбниками, послами на Сейме и пр." (перевод с польского). В XVIII в. многие семьи Годлевских разоряются, продают свои земли, поступают служить, уезжают из Польши.