

О РАСЩЕПЛЕНИИ КРИСТАЛЛОВ

Б.З. Кантор

Российское минералогическое общество,
boris_kantor@mail.ru

Образцы и фото: Б.З. Кантор,
если не указано иное.

1. Расщепленный кристалл кварца –
материнский кристалл в окружении
субиндивидов. Высота 5.3 см.
Дашкесан, Азербайджан.



Расщепление кристаллов – удивительное, во многом пока еще загадочное, эстетическое действие природы. Белоснежные «веера» гемиморфита, «кактусовый» кварц и аметист, сферокристаллы цеолитов и другие расщепленные кристаллы не оставляют равнодушным ни одного коллекционера. Большой интерес представляют они и для исследователей. Однако в публикациях, касающихся этой темы, все еще нет единства терминологии и четкого понимания явления расщепления кристаллов. Случается, что «пучки» расщепленных кристаллов принимают за дендриты или продукты скелетного роста, а сферолиты и сферокристаллы – за радиально-лучистые агрегаты. Даже такой авторитет науки о кристаллах, как И. Сунагава (1924–2012), полагал, что «сферолиты образуются, когда геометрический отбор имеет место на сферическом субстрате» (Sunagawa, 2005, p. 153), т.е. относил сферолиты к радиально-лучистым агрегатам.

В связи с разночтениями уместно привести определения терминов «расщепленный кристалл» и «расщепленный рост». В отечественную литературу они вошли по инициативе основоположника научной онтогении минералов Д.П. Григорьева (Григорьев, 1961) со ссылкой на более ранние зарубежные источники (Lehmann, 1911; Popoff, 1934; Niggli, 1948). Д.П. Григорьев понимал расщепленные кристаллы не как индивиды, а как минеральные агрегаты.

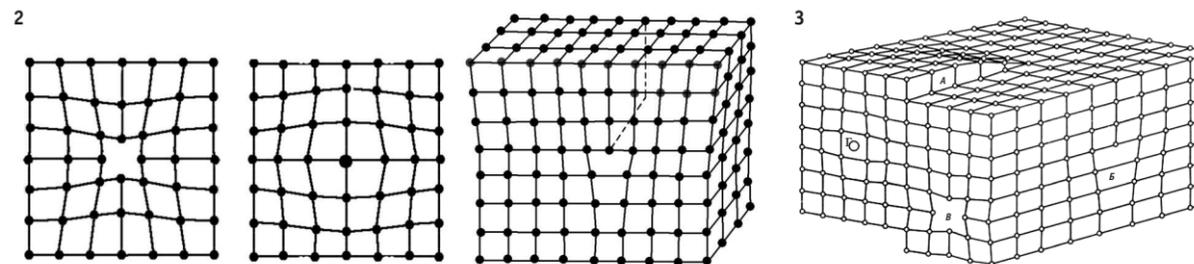
Итак, *расщепленный кристалл* – это минеральный индивид, в процессе роста разветвившийся на геометрически равные или подобные друг другу части, имеющие общее основание и отклоняющиеся друг от друга на небольшие углы (илл. 1). Эти части принято называть *субиндивидами*. Субиндивиды тесно связаны с материнским кристаллом, наследуя элементы его морфологии и симметрии. Несмотря на сложное строение, расщепленные кристаллы по генетическому признаку относятся к минеральным индивидам. Критерием выступают наличие общего основания и происхождение из одного кристаллического зародыша, развитие из одного центра роста.

Рост кристалла, сопровождаемый его *расщеплением*, т.е. переходом в расщепленный кристалл, называется *расщепленным ростом*.

Наряду с термином «расщепленный рост», в том же значении употребляется выражение *мозаичный рост* (Григорьев и Жабин, 1975).

Расщепленные кристаллы разных минералов объединяют не только очевидные морфологические признаки, но и особенности генезиса. Такие кристаллы появляются на свет как итог одной и той же последовательности событий: блокирование исходного монокристалла; обособление и автономное развитие субиндивидов; образование специфического агрегатоподобного «сростка» субиндивидов – расщепленного кристалла.

Почему расщепляются растущие кристаллы? В качестве причин расщепленного роста разными авторами указываются:



2. Дефекты кристаллических структур:
вакансия, атом внедрения, краевая дислокация.

3. Винтовая дислокация.

- механические деформации, явления изоморфизма (с замещением одних атомов или ионов другими, существенно отличающимися от них по размеру), быстрое остывание или быстрая кристаллизация (Niggli, 1948);
- химизм среды; высокое пересыщение; механические напряжения, возникшие из-за взаимодействия растущего кристалла с препятствием (Годовиков и др., 1989; Краснова и Петров, 1997; Годовиков и Степанов, 2003);
- высокая скорость роста (Годовиков и др., 1989; Sunagawa, 2005);
- эффект Ребиндера (Спиридонов, 2018);
- адсорбция растущим кристаллом микрочастиц; царапины, границы двойников и микроблоков, чуть развернутых при механических деформациях; гетерометрия; и т.д.

Многообразие факторов расщепления дало Д.П. Григорьеву повод заметить в 1961 году: «Для большей части расщепленных минералов пока нет возможности указывать конкретно и точно причину этого явления».

Причина явления станет ясной, если раскрыть существо явления и понять его механизм. Тогда можно судить о том, как и почему те или иные факторы обуславливают данное явление или способствуют ему. Существо расщепления и его механизм стали понятны, когда были достаточно изучены дефекты реальных кристаллических структур. Такими дефектами – вакансиями, атомами внедрения, краевыми и винтовыми дислокациями (илл. 2, 3) и др. каждый природный кристалл «обзаводится» с первых же моментов своего существования под влиянием внешних условий. «Образование дефектов – это реакция кристаллов на внешние воздействия. Чтобы скомпенсировать это влияние, сохраняя свое физическое и термодинамическое состояние, кристалл усложняет свою структуру» (Егоров-Тисменко, 2005). Дефектов в каждом реальном кристалле много. Для примера: средняя плотность дислокаций составляет от 10 до 10^5 см⁻².

На наш взгляд, расщепление – не что иное, как способ минимизации свободной энергии кристалла. Реализующий этот способ механизм расщепления состоит в избавлении от части дефектов ценой увеличения площади кристаллической поверхности (Кантор, 2009, 2017₂). Можно показать, что такой способ достаточно эффективен, чтобы обусловить расщепленный рост.

Любые дефекты кристаллической решетки заключают потенциальную энергию, т.к. вызывают изменения межатомных расстояний и искажения кристаллической решетки, тем самым создавая в окружающем пространстве локальные механические напряжения и упругие деформации. Следовательно, ответ на вопрос о причине расщепленного роста следует искать в энергетическом тренде этого явления.

Структурные дефекты подвижны. Под тепловым или механическим воздействием они способны перемещаться в кристалле и аннигилировать, достигнув поверхности. Атомный строй при этом восстанавливается, а энергия дефектов переходит в теплоту и рассеивается. На этом основано упрочнение конструкционных метал-



16. Расщепленный кристалл **апофиллита**. Высота образца 7 см. Момин-Ахада, Рахури, Махараштра, Индия.

17. Расщепленные кристаллы **кальцита**. 12.5 см. Рудник Верхний, Дальнегорск, Приморье.

18. Кристалл **гемиморфита** – расщепление «пучком». Ширина 3.5 см. Охуэла-Майн, Мапими, Мексика.

19. Сноповидный кристалл **барита** на **флюорите**. 5.2 см. Дентон-Майн, Иллиойс, США.

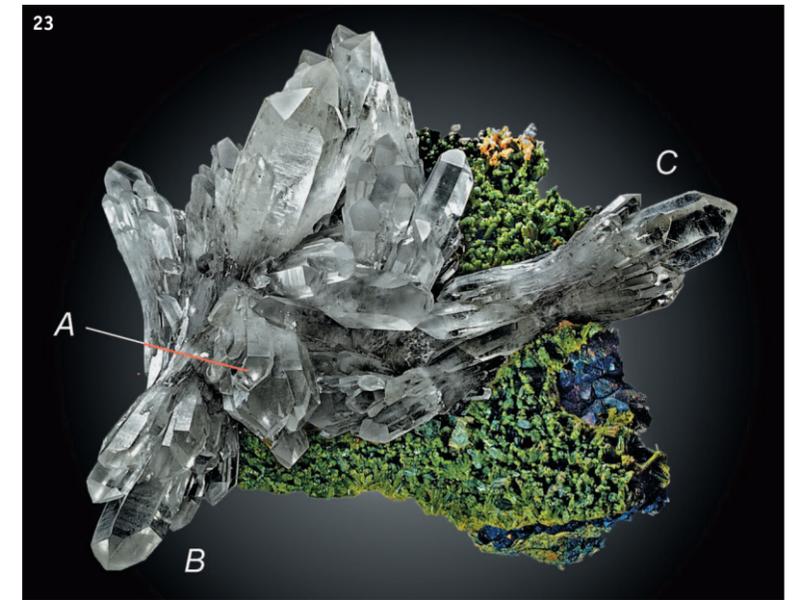
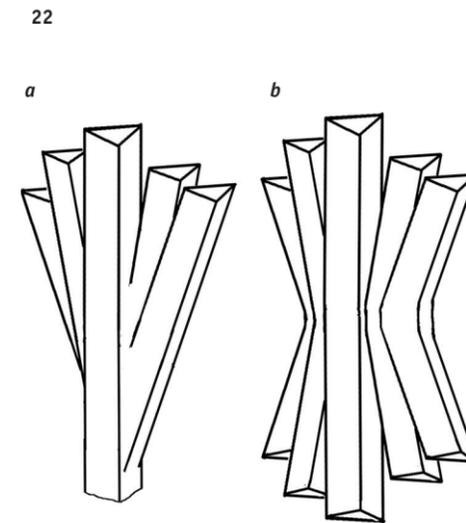
20. Сноповидное расщепление кристалла **апофиллита**. Ширина 4.5 см. Нашик, Махараштра, Индия.

21. Сноповидные кристаллы **кварца**. Длина до 12 см. Дашкесан, Азербайджан.



22. Плоское веерообразное расщепление: (а) «пучок», (б) «сноп».

23. Расщепленные кристаллы **кварца** на щетке **магнетита** с наростом **эпидотом**. Ширина образца 9.5 см. Стоячий кристалл **A** расщеплен «пучком», лежащие кристаллы **B** и **C** – «снопами». Дашкесан, Азербайджан.



Расщепленный рост порождает многообразие и эстетическое богатство расщепленных кристаллов (илл. 15). Расщепление может ограничиться начальным актом, а может сопровождать весь процесс роста. При одноактном расщеплении образуются «пучки» (илл. 1, 16, 17, 18), «снопы» (илл. 19, 20, 21), «розетки» субиндивидов, а также «розы» и сферолиты. Между пучковидным, или веерным, и сноповидным типами расщепления принципиальных различий нет (илл. 22). «Пучки» и «снопы» могут соче-