

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Л. А. Варданянц

чл.-корр. Академии наук Армянской ССР

Ревизия кубо-октаэдрического двойникового закона
алюмо-калиевых квасцов

Кубо-октаэдрический двойниковый закон был выведен для алюмо-калиевых квасцов М. Шаскольской и А. В. Шубниковым [5], но проведенный ими опыт является не вполне объективным, в связи с чем некоторые их выводы не имеют научной ценности.

В их опыте горизонтально расположенная октаэдрическая грань большого кристалла алюмо-калиевых квасцов, погруженного в раствор, обсыпалась большим количеством мелких кубических кристаллов тех же квасцов, и вслед за этим производилось сильное встряхивание сосуда с раствором. В результате, на поверхности большого кристалла оказывались прилипшими в некотором количестве мелкие кристаллы кубов. Исследуя их ориентировку по отношению к большому кристаллу, авторы опыта обнаружили, что в 40,7% случаев ориентировка эта характеризуется тем, что у обоих кристаллов — октаэдра и куба — оказывались совмещенными друг с другом, притом с точностью до 3° , векторы $[110]$, перпендикулярные к граням ромбического додекаэдра. В большом, октаэдрическом кристалле вектор этот лежит в его горизонтальной плоскости.

Подсчитывая вероятность такого совмещения при обсыпании грани октаэдра мелкими кубическими кристалликами, авторы получили для нее значение, равное 20%. Поскольку в опыте совмещение было получено в 40,7% случаев, т. е. в два раза чаще, чем по подсчитанной вероятности, постольку авторы сочли возможным расценить такую ориентировку как особый двойниковый закон, характеризующийся срастанием индивидов разноименными гранями, а именно — гранью куба к грани октаэдра.

В этом исследовании авторами был допущен ряд методических ошибок. Во-первых, авторы совершенно не учитывают того, что в данном опыте срастание кристаллов может происходить только гранью куба к грани октаэдра. Такое срастание является здесь случайным и не содержит в себе ничего такого, что можно было бы рассматривать как функцию каких-то специфических особенностей, присущих самим граням куба и октаэдра. С равным правом здесь

можно было бы взять вместо грани октаэдра искусственную грань ромбического додекаэдра или даже грань с иррациональными индексами, и по всей вероятности были бы получены результаты того же порядка, т. е. какое-то, якобы закономерное, срастание.

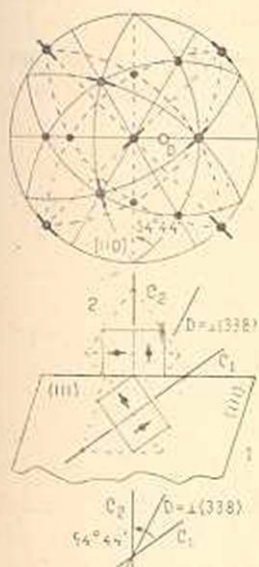
Во-вторых, авторы очень односторонне и даже предвзято принимают, что кристаллик куба, падая на грань октаэдра, будет при этом поворачиваться именно так (и только так!), чтобы занять положение кубо-октаэдрического двойника. Но если кристаллик куба, находясь близ большого кристалла, вообще способен поворачиваться до положения кубо-октаэдрического двойника, то что же может помешать ему повернуться так, чтобы занять положение двойника октаэдрического, принадлежащего к числу более обычных явлений у квасцов. Авторы оставляют это обстоятельство безо всяких объяснений, и для читателя становится совершенно непонятным, почему кристалл должен притти к одному из наименее вероятных положений, минуя положения, гораздо более вероятные.

В-третьих, не принято во внимание, что если малый кристалл будет находиться по отношению к большому в каком-то любом двойниковом положении, то в этом случае оба кристалла обязательно будут иметь по три общих вектора, перпендикулярных порознь к той или иной четной оси симметрии кристаллов и лежащих в плоскости, перпендикулярной к двойниковой оси. При любом повороте одного из кристаллов вокруг того или иного из этих трех векторов кристаллы будут находиться неизменно в двойниковом взаиморасположении, причем двойниковой осью будет служить всегда биссектриса угла между одноименными концами четных осей симметрии, т. е. считая этот угол по направлению поворота кристалла. В случае кубо-октаэдрического двойника такими двойниковыми осями являются векторы, близкие к $\perp$ (338) или к $\perp$ (443). Подробнее об этом сказано ниже.

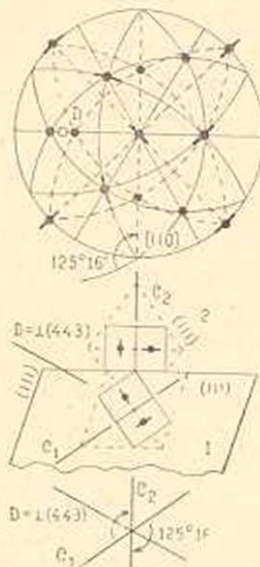
В-четвертых, авторы не обратили должного внимания на то, что их кубо-октаэдрический двойник объединяет в одно целое два разнородных сростка, чередующихся через каждые 90° при повороте кубика на грани октаэдра. Обусловлено это тем, что у алюмо-калиевых квасцов нет осей симметрии четвертого порядка, поэтому два положения их куба, повернутые одно относительно другого на 90° , не совмещаются друг с другом. В связи с этим угол взаимного поворота индивидов куба и октаэдра вокруг общего вектора [110] имеет в этих двух случаях разные знаки и разную величину, а соответственно меняется и символ двойниковой оси. При одном из этих двух положений (фиг. 1) двойниковая ось почти совпадает с вектором $\perp$ (338), а в другом (фиг. 2)—с вектором $\perp$ (443), которые перпендикулярны друг к другу. Если же кристалл имеет четверные оси симметрии, то обе эти двойниковые оси присутствуют одновременно. Таким образом, кубо-октаэдрический двойник М. Шаскольской и А. В. Шубникова представляет ошибочное объединение двух

разных двойников, в кристаллографическом отношении не тождественных один другому.

В-пятых, неправильно подсчитана вероятность возникновения этого рода сростков. Авторы не обратили внимания на то, что слияние кристаллов зависит, кроме ориентировки их, еще и от ряда дополнительных факторов и может не произойти даже и при точном



Фиг. 1. Первый тип кубо-октаэдрического сростка, с двойниковой осью, близкой к вектору $\perp (3\bar{1})$. Угол поворота от первого положения кристалла ко второму $54^\circ 44'$.



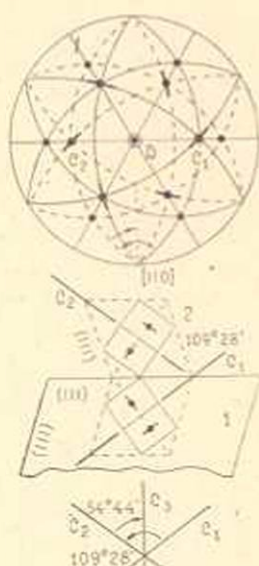
Фиг. 2. Второй тип кубо-октаэдрического сростка, с двойниковой осью, близкой к вектору $\perp (44\bar{3})$. Угол поворота от первого положения кристалла ко второму $125^\circ 16'$.

кубо-октаэдрическом взаиморасположении кристаллов. Найденные авторами цифры показывают процент случаев определенной ориентировки, считая по отношению к числу только прилипших кристаллов, между тем как нужно было бы считать по отношению ко всему числу кристалликов куба, упавших на грань октаэдра. Во всяком случае, опыт показывает абсолютно убедительно, что кристаллы способны срастаться (слипаться) не только при их взаимной закономерной, но даже и при совершенно произвольной ориентировке друг относительно друга. Это обстоятельство полностью обесценивает главный вывод, сделанный М. Шаскольской и А. В. Шубниковым из их опыта.

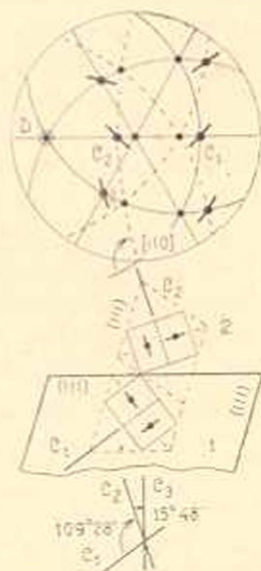
После этих предварительных замечаний перейдем к изложению результатов нашей ревизии.

Проводя ревизию опыта и выводов М. Шаскольской и А. В. Шубникова, мы признаем в согласии с их высказываниями [5, стр.

61—62], а также в согласии с мнением и других исследователей [4], что малый кристалл, приближаясь к более крупному, почти обязательно будет принимать по отношению к нему то или иное закономерное расположение, поскольку такую же или близкую к этому ориентировку должны принимать вблизи большого кристалла и частицы растворенного вещества. Это подтверждается также и нашими исследованиями комплексных двойников плагиоклаза [1, 2]. Для алюмо-калиевых квасцов такими закономерными положениями могут быть, повидимому, почти исключительно лишь следующие: параллельное положение, а также двойниковые положения по закону октаэдрическому и



Фиг. 3. Первый тип первоначальной ориентировки кубического кристаллика. Двойниковая ось D перпендикулярна к горизонтальной грани октаэдра большого кристалла. Окончательная ориентировка по типу фиг. 1.



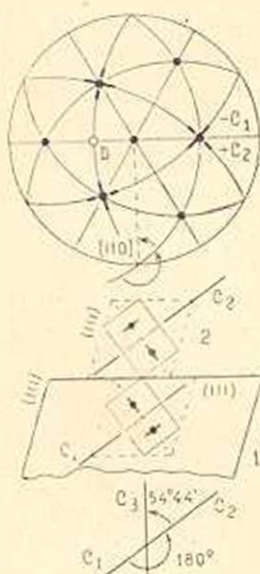
Фиг. 4. Второй тип первоначальной ориентировки кубического кристаллика. Двойниковая ось D перпендикулярна к наклонной грани октаэдра большого кристалла. Окончательная ориентировка по типу фиг. 2.

по закону перпендикуляра к грани ромбического додекаэдра. Из них параллельное положение (сюда же входят и практически неотличимые от них при малой величине кристаллов двойники по ромбическому додекаэдру), судя по статистике самих авторов, распространены более всего. Октаэдрический же двойниковый закон представляет обычное явление у кристаллов кубической сингонии, не обладающих четверными осями симметрии.

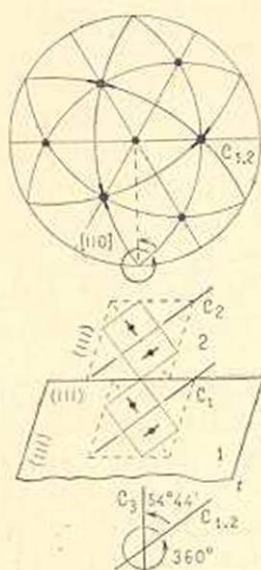
Основываясь на этой предпосылке, можно вывести десять положений первоначальной ориентировки кубического кристаллика по

отношению к грани октаэдра большого кристалла. Эти десять положений объединяются в четыре типовых положения.

К первому типу относится одно положение с двойниковой осью, перпендикулярной к горизонтальной грани октаэдра большого кристалла (фиг. 3). Второй тип объединяет три одинаковых положения, представляющих также октаэдрические двойники но у них двойниковая ось перпендикулярна к наклонным граням октаэдра большого кристалла (фиг. 4). Третий тип, охватывающий также три, тождественных друг другу положения, соответствует двойникам по перпендикуляру к грани ромбического додекаэдра (фиг. 5). Наконец, четвертый тип, тоже объединяющий три одинаковых положения, представлен тремя возможными параллельными положениями кристаллов (фиг. 6).



Фиг. 5. Третий тип первоначальной ориентировки кубического кристаллика. Двойниковая ось D перпендикулярна к возможной грани ромбического додекаэдра. Окончательная ориентировка по типу фиг. 2.



Фиг. 6. Четвертый тип первоначальной ориентировки кубического кристаллика. Параллельное положение малого и большого кристаллов. Окончательная ориентировка по типу фиг. 1.

Степень вероятности каждого из первых четырех положений (первый и второй типы) совершенно одинакова. Для трех положений третьего типа вероятность тоже одинакова и, повидимому, выше, чем в первых двух типах. Во всяком случае она не ниже, так как двойник по нормали к грани ромбического додекаэдра приводит к образованию блок-кристаллов с общей симметрией полногранного

класса кубической системы. Для последнего же типа вероятность, повидимому, наиболее высока. На долю второго и третьего типов может приходиться около 50–60% всех случаев, а на долю четвертого типа—до 30–40%, случаев закономерной ориентировки в первоначальном взаиморасположении кристаллов куба и октаэдра.

Во всех десяти положениях первоначальной ориентировки, независимо от ее типа, система двух кристаллов имеет кроме двойниковой оси еще три общих вектора $[110]$, перпендикулярных к двойниковой оси и являющихся по отношению к ней осями поворотов. Эти оси поворотов позволяют вывести второй индивид двойника из первого, в данном случае малый кристалл из большого, посредством его поворота на тот или иной угол. Ввиду того, что все три оси поворотов совершенно тождественны друг другу, мы рассмотрим только одну из них, притом ту, которая лежит в горизонтальной грани октаэдра большого кристалла.

Для первого типа первоначальной ориентировки (фиг. 3) нужен поворот кристалла на угол $109^\circ 28'$, причем нормаль к грани куба должна пройти через зенит, через который проходит двойниковая ось этого положения $\perp (111)$. Для второго типа первоначальной ориентировки (фиг. 4) нужен тот же угол поворота, но уже в обратную сторону. Для третьего типа (фиг. 5) нужен поворот на угол в 180° , и здесь, в частном случае, двойниковой осью становится и сама ось поворотов. Наконец, для четвертого типа первоначальной ориентировки (параллельное положение кристаллов) нужен угол поворота в 360° .

Согласно разработанной нами теории поворотов [3], можно, изменяя произвольно угол поворота, перейти от одного из указанных выше двойниковых положений к другому, и при этом все промежуточные (переходные) взаиморасположения будут неизменно двойниковыми. В условиях опыта М. Шаскольской и А. В. Шубникова (срастание куба с октаэдром) предельное значение угла поворота, при котором малый кристалл уже ляжет гранью куба на грань октаэдра большого кристалла, будет равно для первого типа ориентировки $54^\circ 44'$, для второго типа— $125^\circ 16'$, для третьего типа— $125^\circ 16'$ и для четвертого типа— $54^\circ 44'$ (см. фиг. 3–6). В связи с этим в первом, третьем и четвертом типах ориентировки кристалл должен будет повернуться еще на $54^\circ 44'$, а во втором типе—на $15^\circ 48'$ в ту или иную сторону, в зависимости от типа ориентировки.

Рассмотрим теперь более детально, как будут изменяться индексы двойниковой оси при повороте малого кристалла в разных типах первоначальной ориентировки.

Первый тип (фиг. 3). При предельном угле поворота в $54^\circ 44'$ двойниковая ось занимает положение, очень близкое к $\perp (388)$, и к этому положению ее приводит изменение угла поворота (см. таблицу I) от первоначальной ориентировки $\perp (111)$ через промежуточные значения индексов: $\perp (445)$, $\perp (334)$, $\perp (223)$, $\perp (112)$ и $\perp (225)$. Здесь

двойниковая ось от первоначального поворота грани куба в $109^{\circ} 28'$ до окончательного в $54^{\circ} 44'$ описывает угол в $27^{\circ} 22'$ и на этом интервале она через каждые $5-6^{\circ}$ получает рациональные и простые значения. Поскольку в природных двойниках отклонения от точной ориентировки в пределах $2-3^{\circ}$ являются вполне обычными, постольку нужно признать, что на всем пути поворота кристалла, от угла в $109^{\circ} 28'$ до $54^{\circ} 44'$, все положения малого кристалла по отношению к большому будут нормально двойниковыми. Рациональные положения двойниковой оси могут быть и дальше, но они недостижимы, так как малый кристалл будет уже лежать на большом.

Второй тип (фиг. 4). Здесь при первоначальной ориентировке, с двойниковой осью, перпендикулярной к наклонной грани октаэдра, угол поворота кристалла равен $109^{\circ} 28'$, а до предельного угла в $125^{\circ} 16'$ требуется дополнительный поворот еще на угол $15^{\circ} 48'$. Этому предельному углу поворота соответствует двойниковая ось, очень близкая к вектору $\perp (443)$, промежуточному между $\perp (332)$ и $\perp (554)$. При таком дополнительном повороте кристалла, от угла $109^{\circ} 28'$ до угла $125^{\circ} 16'$, двойниковая ось описывает угол около 8° (см. таблицу I) и проходит через положение $\perp (554)$ к положению $\perp (443)$.

Третий тип (фиг. 5). При двойниковой ориентировке по закону $\perp (110)$, малый кристалл, чтобы занять предельное положение, должен сделать дополнительный поворот на угол $54^{\circ} 44'$. Двойниковая ось опишет при этом угол в $27^{\circ} 22'$ и на этом интервале пройдет (см. таблицу I) через положения $\perp (661)$, $\perp (551)$, $\perp (441)$, $\perp (331)$, $\perp (221)$, $\perp (332)$ и получит предельное значение $\perp (443)$. Таким образом, и здесь имеется почти непрерывная серия нормальных двойниковых положений, при точности их до 3° .

Четвертый тип (фиг. 6). В этом случае для приведения малого кристалла к предельному положению нужен дополнительный поворот на угол $54^{\circ} 44'$. При этом двойниковая ось опишет угол в $27^{\circ} 22'$ и пройдет (см. таблицу I) через значения $\perp (119)$, $\perp (118)$, $\perp (116)$, $\perp (115)$, $\perp (114)$, $\perp (113)$ к значению $\perp (338)$. На всем этом пути двойниковая ось получает систематически, через короткие интервалы, простые рациональные значения.

Проследим теперь, как малый кристалл будет менять свое положение, после того как он, приняв ту или иную первоначальную ориентировку по одному из четырех типов, придет в соприкосновение с большим кристаллом одной из вершин куба. При такой постановке малого кристалла, единственно возможной в начальный момент, он будет находиться в положении неустойчивого равновесия или даже в неравновесном положении и поэтому неизбежно должен будет упасть гранью куба на грань октаэдра большого кристалла. Иначе говоря, любой вариант первоначальной ориентировки малого кристалла и его соприкосновения с большим неминуемо должен закончиться каким-то кубо-октаэдрическим сrostком.

Таблица 1

Индексы двойниковой оси при разных углах поворота кристалла около вектора [110]. Угол поворота считается от кристаллографической оси, т. е. от нормали к грани куба. Значения углов в градусах, с точностью до 0,1°.

Угол поворота нормали к грани куба	Угол между двойниковой осью и нормалью к грани куба	Индексы двойниковой оси (нормаль к грани)	Тип ориентировки и направление перемещения двойник. оси	Окончательное положение двойниковой оси
0,0 или 360	0,0	(001)	4-й тип, фиг. 6	по фиг. 1
17,9	8,9	(119)		
26,8	13,4	(116)		
31,5	15,75	(115)		
39,0	19,5	(114)		
50,4	25,2	(113)		
56,0	28,0	(338)		
58,8	29,4	(225)		
70,5	35,25	(112)	1-й тип, фиг. 3	
80,8	40,4	(335)		
86,5	43,25	(223)		
90,0	45,0	(557)		
93,5	46,75	(334)		
97,4	48,7	(445)		
109,5	54,75	(111)		
121,2	60,6	(554)		
124,0	62,0	(440)	2-й тип, фиг. 4	
129,6	64,8	(332)		
141,0	70,5	(221)		
148,5	74,25	(552)		
153,4	76,7	(331)		
164,0	82,0	(551)		
180,0	90,0	(110)		
				3-й тип, фиг. 5

Для второго типа первоначальной ориентировки переход от неустойчивого к устойчивому положению может произойти только одним путем, так как вертикальная линия через центр тяжести малого кристалла, лежащая в одной вертикальной плоскости с наклонно расположенной двойниковой осью, не проходит через точку опоры—вершину куба. В силу этого данная первоначальная ориентировка всегда должна окончиться предельным двойниковым положением, с двойниковой осью, очень близкой к $\perp$ (443), по фиг. 2.

В случаях первоначальной ориентировки по остальным типам переход к устойчивому положению возможен, вообще говоря, разными путями, так как равнодействующая тяжести малого кристалла проходит через точку опоры—вершину куба. Поэтому центр тяжести малого кристалла может опускаться в любой вертикальной плоскости, и падение малого кристалла может происходить в любом направлении. Но в действительности это будет происходить, повидимому, не так.

Дело в том, что плоскость, перпендикулярная к оси поворотов, характеризуется тем, что в ней все векторы представляют либо кристаллографические, либо геометрические двойниковые оси. Следовательно, если центр тяжести малого кристалла будет опускаться в этой плоскости, то потенциальная энергия системы двух кристаллов

будет изменяться все время по некоторой кривой минимальных ее значений для каждой данной высоты расположения центра тяжести.

Если сравнивать несколько таких положений малого кристалла, при которых высота расположения его центра тяжести одна и та же, то наименьшее значение потенциальной энергии будет, надо полагать, тогда, когда центр тяжести совпадет с плоскостью, перпендикулярной к оси поворотов, т. е. когда оба кристалла составляют двойниковую пару. Для всего же ряда разных высот расположения центра тяжести малого кристалла геометрическое место значений потенциальной энергии будет представлять жолоб, тальвег которого должен совпадать с плоскостью, перпендикулярной к оси поворотов.

На этом основании можно думать, что малый кристалл, получив ту или иную первоначальную ориентировку по первому, третьему или четвертому типам, и став на поверхность большого кристалла вершиной куба, должен после этого приходить к устойчивому положению преимущественно только одним путем, а именно так, чтобы его центр тяжести перемещался в плоскости, перпендикулярной к оси поворотов, т. е. по осевой линии жолоба значений потенциальной энергии. Поэтому при любой из таких первоначальных ориентировок малый кристалл, упав на большой, будет оказываться в большинстве случаев в положении кубо-октаэдрического двойника, с двойниковой осью, либо $\perp$ (338) для первого и четвертого типов ориентировки, либо же $\perp$ (443) для третьего типа. Эти два положения практически неотличимы одно от другого, так как при малых размерах кубического кристалла невозможно установить его кристаллографическую ориентировку.

Таким образом, все случаи первоначальной закономерной ориентировки малого кристалла куба по отношению к большому кристаллу октаэдра должны приводить к кубо-октаэдрическому двойнику. Этим подтверждается, что такое взаиморасположение не является следствием тех или иных особенностей самих граней куба и октаэдра. Все дело заключается здесь лишь в том, что в силу специфических, неудачных условий опыта один из двух кристаллов, стремящихся к устойчивому взаиморасположению энергетических полей их пространственных решеток, неизбежно приходит к такой первоначальной ориентировке, которая является положением неустойчивого равновесия или даже неравновесным положением, так как малый кристалл должен стоять на большом, опираясь только на вершину куба. Поэтому устойчивое взаиморасположение энергетических полей пространственных решеток неизбежно и немедленно изменяется или нарушается под влиянием более значительных, по величине, сил тяжести, заставляющих малый кристалл упасть на поверхность большого. Следовательно кубо-октаэдрическая комбинация двух кристаллов, описанная М. Шаскольской и А. Б. Шубниковым, должна рассматриваться не как закономерное двойниковое срастание, а всего лишь как закономерно-неизбежный результат разрушения каких-то системати-

чески возникающих правильных взаиморасположений двух кристаллов—куба и октаэдра.

Здесь будет уместным напомнить, что еще в 1902 г., т. е. за 30 лет до опыта М. Шаскольской и А. В. Шубникова, в статье Виоля [6] были высказаны критические замечания по поводу такой именно организации опыта, и было отмечено, что посредством подобных опытов можно получить, при желании, какое угодно число сростков, кажущихся закономерными. Наша ревизия опыта и выводов М. Шаскольской и А. В. Шубникова показывает, что Виоля был совершенно прав.

Принятая М. Шаскольской и А. В. Шубниковым постановка опыта является неудачной, так как при ней то или иное, кристаллографически закономерное первоначальное взаиморасположение кристаллов осуществимо, повидимому, только при условии неустойчивого (в смысле физического равновесия) стояния одного из кристаллов на другом.

При правильной же постановке подобных опытов они должны проводиться так, чтобы любое, закономерное в кристаллографическом отношении, взаиморасположение кристаллов не могло быть нарушено силами тяжести, которые, по их величине, более значительны, чем силы взаимодействия энергетических полей пространственных решеток кристаллов.

Заканчивая на этом ревизию и критический анализ того образования, которое М. Шаскольская и А. В. Шубников определили как кубо-октаэдрический закон срастания, мы приходим к окончательному выводу: 1) что опыт их был поставлен в методическом отношении неправильно и 2) что такого рода закон срастания не существует.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 26 IX 1952

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Варданянц Л. А. Триада теория двойниковых образований минералов. Издание АН Армянской ССР, Ереван, 1950.
2. Варданянц Л. А. Комплексные двойники плагиоклаза. Издание АН Армянской ССР, Ереван, 1952.
3. Варданянц Л. А. Теория поворотов кристалла в двойниках. Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), т. V, № 4, 1952.
4. Леммлейн Г. Г. О закономерных сращениях порфириновых кварцев на грани (10—11). Труды Лаборатории кристаллографии АН СССР, вып. 2, 1940.
5. Шаскольская М. и Шубников А. В. Об искусственном получении закономерных сростков кристаллов алюмо-кальциевых квасцов. Труды Ломоносовского института АН СССР, вып. 3, 1933.
6. Viola C. Beitrag zur Zwillingsbildung. Zeitschr. f. Kryst. und Miner., Bd. 36, 1902.

Է. Ա. Վարդանյանց

ԱԼՈՒՄԻՆԱ-ԿԱԼԻՈՒՄԱՅԻՆ ՇԻՔԻ ԽՈՐԱՆԱՐԴ-ՕԿՏԱԵԴՐԻԿ
ԿՐԿՆԱԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ՕՐԵՆՔԻ ՎԵՐԱՔՆՆՈՒՄ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Խորանարդ-օկտաեդրիկ կրկնաբյուրեղային օրենքը ալումինա-կալիումային շիքի համար էմպիրիկ կերպով արտածված է կելի Մ. Շասկու-սկայայի և Ա. Վ. Շալունկովի կողմից, սակայն նրանց փորձը լիովին օրեկ-տիվ չի եղել և, բացի այդ, ուղեկցվել է մեթոդական որոշ սխալներով: Այդ իսկ պատճառով, գիտական արժեք ունեն նրանց սչ բոլոր եզրակացություն-ները:

Հոդվածում ցույց է տրված, որ երկու բյուրեղների (նրանցից մեկը օկտաեդր է, իսկ փոքրը՝ խորանարդ) կրկնականման այս տեսակ միակցում-ների առաջացումն ստիպողական է, լինելով այն բանի հետևանքը, որ բյու-րեղների սիստեմատիկորեն առաջացող սկզբնական օրինաչափ այս կամ այն փոխադարձ դասավորումները իսկույն, անխուսափելիորեն և կանոնավոր կերպով խախտվում են ծանրության սեփ ազդեցության տակ: Ընդ որում բյուրեղների սկզբնական օրինաչափ փոխադարձ դասավորման ամենահավա-նական արդյունքն առաջանում են՝ կամ նրանց զուգահեռ դիրքը և կամ թե նրանց կրկնակները ըստ օկտաեդրի կամ սեփական զոդեկաեդրի նիստի-առդոհայացների օրենքի: