

Л. А. Вардавянц, чл.-корресп. АН Армянской ССР

### Главные положения триадной теории двойников и некоторые выводы

(Представлено 21 IX 1949)

1. В 1946—1948 годах автором была составлена новая теория двойникового плагиоклаза (<sup>3, 4, 5, 6</sup>) и вместе с тем новая теория приближенной симметрии блок-кристаллов, определяющая их внутреннее строение. Новая теория двойникового плагиоклаза создана на теоретической основе триад, разработанной М. А. Усовым и В. В. Никитиным (<sup>1, 2</sup>). Поэтому она была названа триадной теорией, и главные ее положения, применительно к изверженным породам, в которых периклиновый закон почти не встречается, сводятся к следующему.

А. Плагиоклаз обладает способностью и чрезвычайной склонностью образовывать комплексные двойниковые сростки с многоэтажной структурой двойникового, которую с полным правом можно назвать архитектурой комплексных двойников.

В первом архитектурном этаже образуются простые или полисинтетические двойники по альбитовому и манебахскому законам, т. е. по законам перпендикуляров к сильнейшим граням кристалла. Такие двойники представляют псевдомоноклинные блок-кристаллы из двух индивидов или из двух групп индивидов, в каждой из которых все индивиды ориентированы одинаково.

Во втором архитектурном этаже альбитовые и манебахские псевдомоноклинные блоки подвергаются дополнительному двойникованию посредством двойниковых осей, совпадающих с главными ребрами кристалла (первая, вторая и третья кристаллографические оси). При этом образуются триады, которые представляют псевдоромбические блок-кристаллы из четырех индивидов или из четырех групп индивидов, а в каждой из которых все индивиды ориентированы одинаково. Это—те триады, теория которых была дана М. А. Усовым и В. В. Никитиным. Новые исследования (<sup>3</sup>) показали, что существует еще одна аналогичная триада, составляющаяся из перпендикуляра ко второму пинакоиду и из ребра [101]. В триадной теории эти четыре триады называются

основными. Каждая из этих триад вполне определяется двумя взаимно перпендикулярными двойниковыми осями (перпендикуляр к грани и ребро, параллельное этой грани), третья же ось, перпендикулярная к первым двум, т. е. перпендикуляр к ребру, выводится из них по законам симметрии. Она не может иметь самостоятельного значения и не появляется независимо от двух других осей триады. Наличие подобной двойниковой оси можно и нужно расценивать как доказательство существования триады даже и в том случае, когда в пределах возможной точности и детальности измерений не удастся обнаружить остальные ее оси.

В третьем архитектурном этаже основные триады (т. е. псевдоромбические блок-кристаллы) подвергаются еще более сложному двойникованию. Таковое производится посредством комплексных двойниковых осей, входящих в состав триад высших порядков. При этом образуются псевдотетрагональные и псевдогексагональные комплексные двойниковые сростки, в которых главная ось может быть как простой, так и винтовой. В подобных комплексных двойниках каждый их элемент находится в положении приближенной тетрагональной или гексагональной симметрии с каким то другим элементом, либо реально существующим в комплексном двойнике, либо теоретически возможным в нем. Приближенность симметрии обуславливается здесь тем, что комплексной двойниковой осью служит уже не математический, но физический вектор.

В четвертом архитектурном этаже дальнейшее двойникование псевдотетрагональных комплексных двойников посредством еще одной триады высшего порядка приводит к возникновению сростков ложнокубического типа. В таких сростках каждый их элемент находится в положении приближенной кубической симметрии (четыре оси симметрии третьего порядка) с каким то иным существующим или теоретически возможным элементом комплекса.

Б. Главным типом двойниковых образований плагиоклаза являются основные триады, т. е. псевдоромбические блок-кристаллы. Псевдомоклинные блоки в изолированном виде встречаются редко, и практически можно не считаться с их существованием. Таким образом, плагиоклаз в изверженных породах присутствует почти исключительно в виде псевдоромбических или более сложных блок-кристаллов, но не просто в виде триклинных кристаллов. Степень распространенности двойниковых образований третьего и четвертого этажей установить пока еще невозможно. Для этого нужны многочисленные и очень трудоемкие исследования, осложняющиеся тем, что подавляющая, по объему, часть сложного сростка уничтожается полностью при изготовлении шлифа.

В. Составным элементом псевдотетрагональных сростков, имеющих простую четверную ось приближенной симметрии и встречающихся в шлифах достаточно часто, служит срастание двух основных триад по бавенскому закону, причем второй пинакоид каждой из триад сов-

мещается и срастается с третьим пинакоидом другой триады. Бавенские законы не образуют простых полисинтетических двойников и не участвуют в составе основных триад, так как являются принадлежностью только псевдотетрагональных и ложнокубических комплексных двойников, где они связывают друг с другом основные триады. Особенностью таких бавенских сростков служит то, что в них отдельные индивиды и их агрегаты соприкасаются и срастаются друг с другом разноименными плоскостями.

2. Теоретической основой триадной теории является представление о приближенной симметрии и связанное с этим представление о комплексных двойниковых осях. Альбит и анортит образуют непрерывный изоморфный ряд, хотя главные элементы их кристаллов не вполне совпадают и дают расхождение до нескольких градусов. Следовательно, этот изоморфный ряд уже сам по себе характеризуется приближенной внутренней симметрией. Это должно отражаться и на двойниковых сростках плагиоклаза, для образования которых должна требоваться лишь приближенная точность совмещения тех или иных векторов и граней обоих индивидов двойника.

Манебахский и альбитовый двойники, с точки зрения приближенной симметрии, являются псевдомоноклинными блок-кристаллами, так как главные векторы кристаллов обоих индивидов в этих двойниках приведены частью к точному, частью же к довольно близкому совмещению. В альбитовом двойнике точно совпадают первая и третья кристаллографические оси обоих индивидов и почти совпадают  $\perp (021)$  одного и  $\perp (0\bar{2}1)$  другого индивида и, соответственно,  $\perp (110)$  и  $\perp (\bar{1}\bar{1}0)$ ,  $\perp (130)$  и  $\perp (1\bar{3}0)$  и т. д. Такие пучки совпадающих и почти совпадающих векторов можно рассматривать как сложные (комплексные) векторы, общие для всего блок-кристалла, причем взаимное расположение их приближенно соответствует моноклинной сингонии. При этом степень отклонения от идеальной моноклинности меньше (во всяком случае не больше), чем то расхождение, которое имеется между некоторыми главными векторами и элементами кристаллов альбита и анортита. Поэтому подобные блок-кристаллы можно рассматривать как псевдомоноклинные агрегаты, в которых каждый из комплексных векторов может служить двойниковой осью, притом уже для всего блок-кристалла, а не только для отдельных его индивидов.

Альбитовый двойник представляет более совершенный блок-кристалл моноклинного типа, чем манебахский, так как в нем все сколько нибудь важные векторы обоих индивидов приводятся к положению приближенного совмещения и образуют комплексные векторы. В манебахском же двойнике число таких совмещающихся векторов очень ограничено. Поэтому альбитовый двойник дает больше возможностей для образования сложных сростков, и в каждом архитектурном этаже на долю альбитового двойника приходится подавляющее большинство из общего числа возможных и равновероятных комбинаций (свыше 70%). Этим обстоятельством вполне объясняется то, что плоскостью

срастания в двойниках плагиоклаза в подавляющем большинстве случаев служит именно второй, а не третий пинакоид, хотя последний является более сильной гранью, судя по характеру спайности.

Основные триады также можно рассматривать как блок-кристаллы, так как и в них к полному или к почти полному совмещению приведены главнейшие векторы всех четырех индивидов. В числе векторов в основных триадах особое положение занимают перпендикуляры к граням (021) и (0 $\bar{2}$ 1), так как соответствующие им комплексные векторы служат биссектрисами углов между вторым и третьим пинакоидами—сильнейшими плоскостями кристаллов плагиоклаза.

3. Способностью образовывать комплексные двойникового типа сростки с приближенной симметрией более высоких порядков отличаются не только плагиоклазы, но и очень многие другие минералы (ставролит, арсенопирит, хризоберилл, халькозин, рутил, ортоклаз, барит, минералы в группах арагонита и филлипсита и др.). Из них особенно выделяется группа филлипсита, в которой ложнокубические комплексные двойниковые сростки являются ложнокубическими даже и по внешней форме блок-кристаллов. Это в полной мере приложимо, повидимому, и к группе лейцита. Следовательно, триадная теория двойников и связанная с нею теория приближенной симметрии блок-кристаллов имеют не только частное, для плагиоклаза, но и общее минералогическое значение.

4. На ранних стадиях развития двойниковых теорий, двойникование рассматривалось, по существу, как явление, возникающее только на гранях кристаллов. Соответственно этому теории двойникования требовали точного совмещения плана расположения элементарных частиц на соприкасающихся и срастающихся плоскостях кристаллов, связанных друг с другом в двойнике. Следовательно, элементом двойника служила плоскость, но не объем, и вместе с тем кристаллический индивид (монокристалл) с присущей ему симметрией продолжал оставаться и в двойнике ведущей (главной) категорией кристаллического состояния вещества.

В противоположность этому, триадная теория рассматривает явление двойникования в пространстве, охватывая при этом элементы объемных категорий. Соответственно этому в триадной теории признается существование скачка (ступени) между кристаллическим состоянием отдельного индивида (монокристалла) и состоянием двойникового блок-кристалла, симметрия которых и физические свойства качественно различны.

Обычные понятия точной симметрии могут и должны распространяться только на монокристаллы, блок-кристаллы же подчиняются законам приближенной симметрии объемного порядка, в которой в качестве объектов симметрии служат уже, главным образом, те или иные двойниковые связи в агрегатах, состоящих каждый из нескольких индивидов—монокристаллов.

Мы имеем здесь диалектический переход количества в новое ка-

чество посредством образования комплексных двойниковых сростков. Энергетический смысл этого диалектического перехода заключается, повидимому, в том, что кристаллическое вещество в стадии монокристалла—индивида (в идеальном случае это субмикроскопически малый кристалл), имея более низкую симметрию, обладает и сохраняет внутри себя максимально возможную для него свободу пространственной атомной решетки, которая способна освобождаться от всяких возникающих в ней избыточных напряжений посредством самых незначительных изменений ее параметров, принципиально несущественных при низкой симметрии самого монокристалла. В стадии же блок-кристалла кристаллическое вещество путем сложного двойничания образует агрегаты с более высокой симметрией и этим понижает до возможного минимума общую энергию пространственной решетки комплекса, сохраняя при этом для нее полную свободу.

Таким образом, двойниковые блок-кристаллы представляют более высокую форму кристаллической организации материи, по сравнению с монокристаллом. Поэтому обе эти формы можно с полным правом рассматривать как проявление стадийности развития кристаллического состояния материи. Дальнейшая задача исследований заключается в том, чтобы установить, не является ли (хотя бы в некоторых случаях) каким то блок-образованием даже и та форма кристаллического состояния, которую мы пока еще считаем монокристаллом. Основанием для подобной постановки вопроса может служить то обстоятельство, что некоторые физические свойства, в полной мере присущие уже и монокристаллам (например, их оптическая индикатриса), повидимому, не могут быть выведены непосредственно из пространственной решетки и требуют какой то иной, промежуточной формы организации вещества.

Институт геологических наук  
Академии Наук Армянской ССР  
Ереван, 1949, сентябрь.

Լ. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆՑ

**Կրկնաբյուրեղների օրհագրային բնօրհայի գլխավոր դրույթները  
և՛ ռոո հեռեվուրյուններ**

Հեղինակը 1946—1948 թվերին մշակել է պլազիակլազի կրկնաբյուրեղների մի նոր թեորիա, այն անվանելով արիագային: Այդ թեորիայի համաձայն՝ բյուրեղներն առաջացնում են շորս հարկանի անակցորդներ: Առաջին հարկում գոյանում են պսևդոմոնոկլինային, երկրորդ հարկում՝ պսևդոռոմբային, երրորդ հարկում՝ պսևդոնեքսագոնային և պսևդոտեարագոնային, իսկ չորրորդ հարկում՝ կեղծ խորանարդային կոմպլեքսային կրկնաբյուրեղներ:

Երրորդ և չորրորդ հարկերում կրկնաբյուրեղային առանցքները կոմպլեքսային են՝ ներկայացված լինելով ոչ մաթեմատիկական, այլ ֆիզիկական վեկտորներով: Դրա հետ կապված՝ կոմպլեքսային կրկնաբյուրեղները ենթարկվում են մոտավոր և ոչ իսկական համաչափության նույն թեորիայի օրինաչափությանը պատկանում են նաև բազմաթիվ

այլ միներալների կրկնաբյուրեղներ, ինչպես, օրինակ՝ օրթոկլազի, փիլիփսիտի, ստավրո-  
լիտի, ոռոտիլի, բարիտի և այլն:

Տրիագային թեորիայի տեսակետից կոմպլեքսային կրկնաբյուրեղները ներկայաց-  
նում են բյուրեղային նյութի զարգացման մի ավելի բարձր աստիճան, քան մենաբյու-  
րեղները: Այդ կարելի է դիտել որպես բնության ընդհանուր ստադիական զարգացման  
արտահայտությունը: Անհավանական չէ նաև, որ նույնիսկ մենաբյուրեղները ներկայաց-  
նում են սուբմիկրոսկոպիկ բյուրեղային առաջացումների բարդ (տրիագային տիպի) հա-  
րաճումներ:

Այս դեպքում հնարավորություն է ստացվում մեկնաբանել հասարակ բյուրեղների  
ֆիզիկական որոշ հատկությունները, ինչպես, օրինակ՝ օպտիկական ինդիկատրիսան, որը,  
ըստ երևույթին, մինչև այժմ հնարավոր չէր լինում դուրս բերել աստիճային տարածական  
ցանցի հիման վրա:

Էներգետիկ տեսակետից մենաբյուրեղի աստիճային ցանցի ազատությունը և բյու-  
րեղի համաչափության աստիճանը փոխվում են հակադարձ համեմատությամբ, իսկ կրկնա-  
բյուրեղում նրա ընդհանուր ցանցի էներգիան և միակցությունը բարդությունը փոխվում  
են, ըստ երևույթին, ուղիղ համեմատությամբ: Այս դեպքում բարդ կրկնաբյուրեղային  
միակցությունը հնարավորություն է տալիս բյուրեղային նյութին իր ներսում պահել  
տարածական ցանցի ազատությունը և, միաժամանակ, հնարավորին չափ նվազեցնել ցան-  
ցի ընդհանուր էներգիան:

#### ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. М. А. Усов. Федоровский или универсальный оптический метод исследо-  
вания пороодообразующих минералов, в особенности полевых шпатов. Томск, 1910.
2. В. В. Никитин. Универсальный метод Федорова. Вып. 3. Петроград, 1915.
3. Л. А. Варданянц. ДАН Арм. ССР, 7, № 1. Ереван, 1947.
4. Л. А. Варданянц. ДАН  
Арм. ССР, 7, № 3. Ереван, 1947.
5. Л. А. Варданянц. Изв. АН Арм. ССР, естеств.  
науки, № 8. Ереван, 1947.
6. Л. А. Варданянц. ДАН Арм. ССР, 10, № 1. Ереван,  
1949.