

Н. А. СОЛОДОВ

ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ
ФАРШИРОВАННОГО БЕРИЛЛА

Трубчатые формы минералов в гранитных пегматитах можно наблюдать довольно часто. Особенно характерны они для берилла, но встречаются также у апатита, турмалина, реже у гранита, уранита, колумбита и некоторых других минералов (Никитин, 1955).

Генезис трубчатых форм кристаллов неоднократно обсуждался в литературе (Никитин, 1955; Никитин и др., 1959; Беус, Залашкова, 1956; Дядькин, 1962; Руденко, 1966 и др.). Все эти исследователи рассматривали образование трубчатых форм как своеобразно проявленный результат скелетного роста кристаллов. По их мнению, подобные кристаллы образовались метасоматическим путем. Для доказательства такого способа их образования в основном использовались структурные критерии, и никто не уделил достаточного внимания тому факту, что каждый минерал трубчатой формы образует весьма устойчивую генерацию, обладающую определенными физическими свойствами, устойчивым химическим составом, а также строго определенными парагенезисом и условиями образования.

Особенно показателен в этом отношении берилл. Он является наиболее распространенным минералом, образующим в пегматитах трубчатые формы. Одна из его разновидностей благодаря этой своей особенности получила в литературе название «фаршированный» берилл. Фаршированный берилл на некоторых месторождениях является ведущей, практически важной генерацией, запасы которой исчисляются в отдельных жилах сотнями и тысячами тонн. Фаршированность этого минерала значительно понижает качество руды, поскольку уменьшает содержание в ней бериллия, а главное, при ручной выработке берилла не позволяет получать концентраты высокого качества, увеличивает потери минерала при извлечении, а также затраты времени и рабочей силы на этот процесс.

Таким образом, изучение генезиса фаршированного берилла представляет существенный научный интерес, поскольку проливает свет на способ возникновения полых форм минералов вообще и имеет большое практическое значение для выяснения тех причин, которые способствуют возникновению одной из важнейших промышленных генераций берилла.

Из многих десятков изученных автором пегматитовых месторождений СССР, КНР (Синьцзяна) и Афганистана, заключающих в себе тысячи бериллоносных тел, широкое развитие фаршированного берилла было установлено только в восьми жилах. Из них четыре находятся в Синьцзяне, а другие четыре — в Восточном Афганистане.

Несмотря на ряд специфических особенностей, все восемь пегматитовых жил, содержащих фаршированный берилл, равно как и сам этот минерал, обладают большой близостью своих основных свойств, а именно:

1. Все восемь жил, согласно парагенетической классификации (Солодов, 1962), принадлежат к микроклин-альбитовому типу, из них семь относятся к первому подтипу (без сподумена) этого типа, а одна — ко второму подтипу (со сподуменом).

2. Все пегматитовые тела характеризуются отчетливой и сильной, хотя и неодинаковой зональностью (см. рис. 18—20 в нашей монографии; Солодов, 1962).

3. Фаршированный берилл во всех случаях, как правило, приурочен только к внешней альбитовой зоне, которая располагается непосредственно на контакте с вмещающимися породами либо после зон гранит-пегматита или графического пегматита, но всегда перед зоной блокового микроклина I (рис. 1).

4. Рудная зона с фаршированным бериллом всегда сложена зернистым альбитом с примесью кварца. В синьдзянских пегматитах она в основном характеризуется мелкозернистой (размер выделений до 0,5 см), реже среднезернистой (до 2 см), а в афганских пегматитах — крупнозернистой структурами (до 5 см).

5. Во всех жилах берилл в данной зоне ассоциирует с большим или меньшим количеством крупнокристаллического граната, апатита и черного турмалина; из редкометальных же минералов присутствует только колумбит.

6. Наряду с этой внешней зоной, содержащей фаршированный берилл, во всех жилах встречается еще одна или несколько рудных зон с «массивным» бериллом, расположенным внутри пегматитовых тел.

7. Содержание фаршированного берилла в рудной зоне наивысшее из всех бериллоносных зон и обычно составляет 1,0—1,5%.

8. По падению жил фаршированный берилл прослеживается на глубину многих сотен метров и его содержание практически остается постоянным, тогда как содержание других разновидностей берилла в промежуточных и центральных зонах всегда заметно уменьшается по падению.

9. Фаршированный берилл обычно призматической, реже слегка конической формы. Размер его кристаллов в подавляющем большинстве случаев не выходит за пределы 5—15 см в длину при толщине 2—5 см. Цвет фаршированного берилла в синьдзянских пегматитах желтовато-зеленоватый, в афганских — зеленовато-голубой.

10. Химический состав фаршированного берилла всегда характеризуется высоким содержанием окиси бериллия (до 13% и более) и низким содержанием щелочных металлов, среди которых резко превалирует натрий; сумма окисей щелочных элементов не превышает 1—1,5%, тогда как бериллы во всех других альбитовых зонах содержат всего лишь 10—12,5% BeO, но зато 2—8% суммы окисей щелочных металлов.

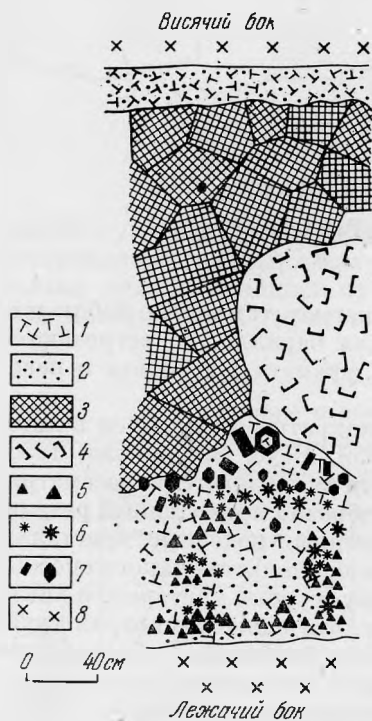


Рис. 1. Зарисовка расщетки по микроклин-альбитовому пегматиту месторождения Дарай-Пич, Восточный Афганистан

1 — среднезернистый и крупнозернистый альбит; 2 — вкрапленность кварца; 3 — блоковый микроклин; 4 — кварц-альбит-микроклиновый комплекс; 5 — шерл; 6 — апатит; 7 — берилл; 8 — биотит-амфиболовый диорит

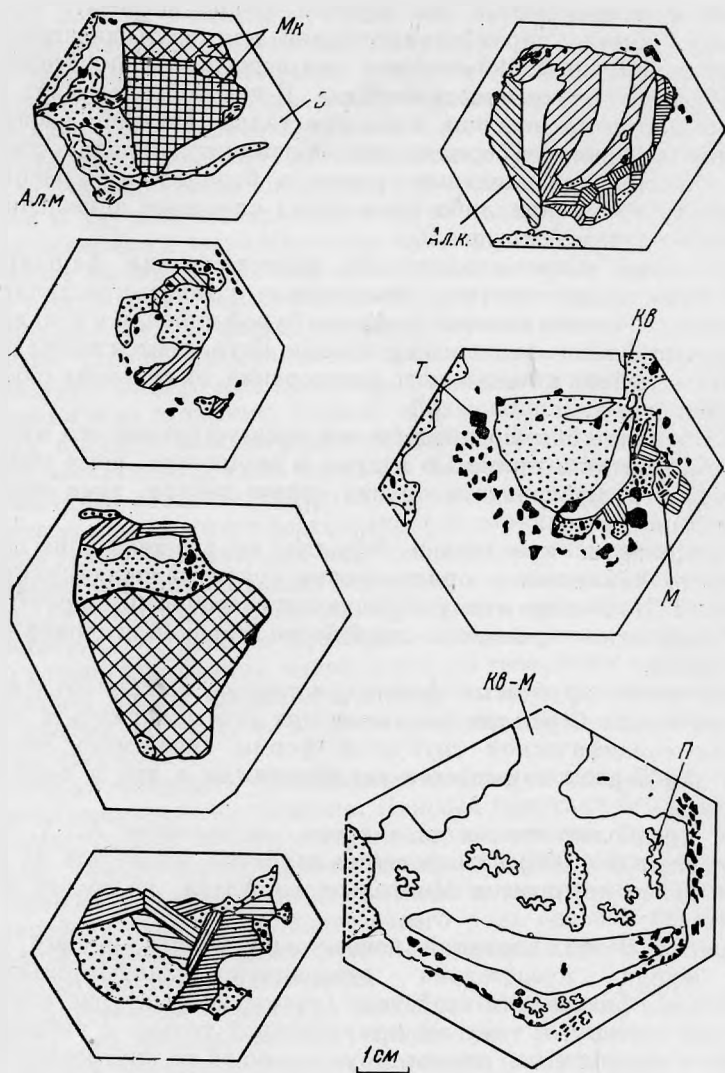


Рис. 2. Поперечное сечение кристаллов фаршированного берилла
 Мк — микроклин; В — берилл; Алк. — крупнозернистый альбит; Алм — мелкозернистый альбит; Кв — кварц; Т — турмалин; М — мусковит чешуйчатый; Кв-М — мелкозернистый кварц-мусковитовый полевошпатовый агрегат; П — пустоты выщелачивания

Из этой краткой характеристики вполне очевидно, что фаршированный берилл обладает весьма определенными свойствами и строго закономерным пространственным положением в пегматитовых телах, благодаря чему отчетливо отличается от других генераций берилла микроклин-альбитовых пегматитов.

Степень «фаршированности» берилла самая разнообразная — от единичных и разрозненных мелких включений посторонних минералов, занимающих всего лишь несколько процентов площади поперечного сечения, до почти сплошного заполнения, когда от кристаллов берилла сохраняется лишь тонкая периферическая корочка либо даже только одна-две грани (рис. 2). Многие кристаллы вообще свободны от посторонних включений. По гексагональной оси кристаллы фаршируются редко на всю длину, а обычно только на какую-то часть. Внешние контуры «фарша» бывают

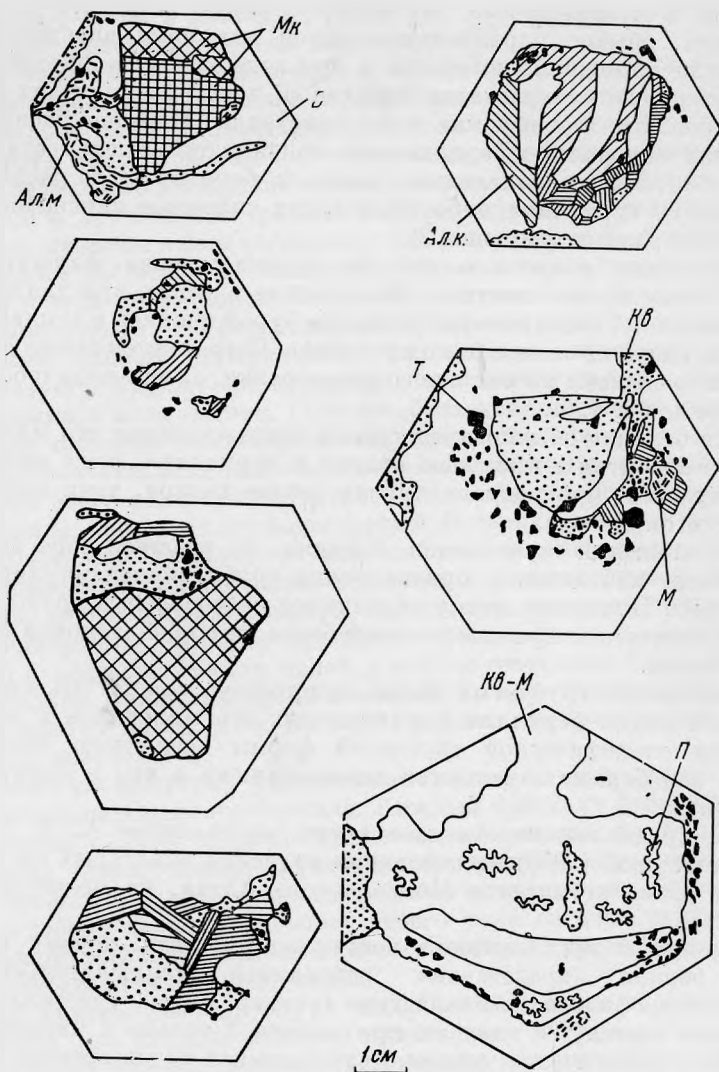


Рис. 2. Поперечное сечение кристаллов фаршированного берилла
Мк — микроклин; *В* — берилл; *Алк* — крупнозернистый альбит; *Алм* — мелкозернистый альбит; *Кв* — кварц; *Т* — турмалин; *М* — мусковит чешуйчатый; *Кв-М* — мелкозернистый кварц-мусковитовый полевошпатовый агрегат; *П* — пустоты выщелачивания

Из этой краткой характеристики вполне очевидно, что фаршированный берилл обладает весьма определенными свойствами и строго закономерным пространственным положением в пегматитовых телах, благодаря чему отчетливо отличается от других генераций берилла микроклин-альбитовых пегматитов.

Степень «фаршированности» берилла самая разнообразная — от единичных и разрозненных мелких включений побочных минералов, занимающих всего лишь несколько процентов площади поперечного сечения, до почти сплошного заполнения, когда от кристаллов берилла сохраняется лишь тонкая периферическая корочка либо даже только одна-две грани (рис. 2). Многие кристаллы вообще свободны от посторонних включений. По гексагональной оси кристаллы фаршируются редко на всю длину, а обычно только на какую-то часть. Внешние контуры «фарша» бывают

извилистые и искривленные, но нередко можно встретить правильные ограничения, обычно параллельные одной или двум внешним граням. «Фарш» чаще сплошной, но иногда в нем содержатся включения отторгнутых частиц того же кристалла берилла. В некоторых случаях от фарша отходят прожилки во внешние зоны кристалла. Нередко распределение посторонних минералов в берилле явно подчиняется отдельности по призме: по плоскостям, параллельным граням, в берилле часто располагается вкрапленность турмалина либо происходит сплошное замещение этим и другими минералами (см. рис. 2).

Для решения вопроса о способе происхождения фаршированного берилла важно также отметить обнаружение в таких кристаллах пустот выщелачивания, стенки которых покрыты бурой пленкой и тонкими щеточками микрочешуйчатого зеленого мусковита. Встречаются также отдельные кристаллы со следами интенсивного растворения, своего рода «обсосанные» формы берилла и т. п.

Фарш в берилле обычно представлен заключающими его минералами, чаще всего альбитом с примесью кварца и турмалина, реже микроклина, граната, апатита, мусковита и других, иначе говоря, теми минералами, которые его окружают.

В расположении кристаллов берилла во внешней зоне зернистого альбита часто наблюдается ориентировка грубо перпендикулярно заледанам жилы. Благодаря этому образуются своеобразные друзы берилла. При этом конические кристаллы своей более широкой стороной обращены к центру жилы.

Возникновение трубчатых форм кристаллов можно объяснить либо замещением самим бериллом заключающих его минералов в результате проявления специфической трубчатой формы скелетного роста, либо, наоборот, сам берилл замещается заключенными в нем и окружающими его минералами.

Первое предположение, в свое время высказанное А. А. Беусом и Н. Е. Залашковой (1956) на основании изучения некоторых из разведанных нами ранее пегматитов Монгольского Алтая, не может объяснить ряда фактов.

Во-первых, с этих позиций невозможно понять, почему фаршированный берилл представлен генерацией, исключительно устойчивой по своим физическим свойствам (размер, форма кристаллов, цвет), химическому составу, к тому же приуроченной только к внешней альбитовой зоне и практически совсем отсутствующей во внутренних и вообще любых других бериллосодержащих зонах. Этот факт можно объяснить только тем, что лишь в момент формирования внешней альбитовой зоны имелись условия для образования такого берилла, т. е. в этом случае, если настаивать на метасоматическом способе происхождения берилла, приходится допускать, что он возник в результате автометасоматоза. Но такое допущение невозможно согласовать с фактом ориентировки слабоконических кристаллов расширенным концом к центру жилы. При реакционном автометасоматозе кристаллы берилла должны были бы расти в направлении к контакту жилы и, следовательно, к контакту жилы должны быть обращены расширенные концы кристаллов берилла.

Во-вторых, часты случаи явного приспособления турмалина и других минералов «фарша» к трещинам отдельности по призме кристаллов берилла со всей очевидностью противоречат предположению о метасоматическом происхождении берилла и подтверждают образование «фарша» путем замещения им самим минерала-хозяина. Метасоматический генезис «фарша» хорошо подтверждается также наличием в нем реликтов берилла (см. рис. 2, верхний справа).

В-третьих, при трубчатой форме метасоматического роста трудно представить механизм образования кристаллов. Каким образом возникает первое кольцо, от которого начинается рост кристалла? Почему не получается спи-

ральных форм? Почему образуются трубчатые кристаллы размером главным образом 2—5 см в диаметре, тогда как, скажем, миллиметровые или дециметровые кристаллы совсем отсутствуют?

Таким образом, предположение о метасоматическом способе образования фаршированного берилла вызывает слишком много вопросов, на которые нельзя найти удовлетворительного ответа с этих позиций.

Наоборот, предположение об образовании фаршированного берилла путем последующего замещения самих его кристаллов альбитом, кварцем, турмалином и другими минералами вполне подтверждается их структурными соотношениями и легко объясняет как постоянство физических свойств и химического состава этой генерации берилла, так и постоянное нахождение его всегда перед зоной блокового микроклина. Последнее обстоятельство показывает, что фаршированный берилл, коль скоро он является характерным членом минерального парагенезиса внешней альбитовой зоны, образуется близко одновременно с альбитом и другими минералами, участвующими в ее сложении. Однако образование берилла успешно идет только при высокой концентрации бериллия. К концу же образования зоны, когда значительная часть бериллия оказывается связанной в берилле, содержание этого элемента значительно понижается, что делает минерал неустойчивым, приводя к его растворению. В первую очередь растворяются мелкие кристаллы берилла, так как согласно законам физической химии при определенной концентрации вещества в растворе устойчивы только кристаллы определенного размера. Кристаллы меньше данного размера будут растворяться, а более крупные — расти. Этим и объясняется тот факт, что размер кристаллов одной и той же генерации колеблется всегда в сравнительно узких пределах и обычно по мере продвижения от залывандов к центру жилы (т. е. по мере падения концентрации вещества) постепенно возрастает.

Согласно упомянутому физико-химическому закону происходит образование и фаршированного берилла. Каждый кристалл берилла благодаря хотя и очень слабой отдельности по призме можно рассматривать как своего рода серию полых трубчатых кристаллов, вставленных один в другой. Иногда в изломе даже макроскопически хорошо видно, что внутреннее строение берилла обладает своего рода сотовой структурой, так как большой кристалл оказывается состоящим из громадного количества мелких гексагональных кристаллов.

Такая внутренняя структура выделений берилла и предопределяет образование его фаршированных кристаллов. В кристалле берилла в первую очередь должна растворяться именно центральная часть, которую можно рассматривать как самостоятельные более мелкие кристаллы. Наоборот, периферические части большого кристалла не только не будут растворяться, но даже могут дорастать за счет переотложения материала, полученного растворением центральных частей. В этом случае может создаться положение, при котором трубчатые кристаллы берилла образуются как бы путем замещения заключающего их пегматита (именно к такому выводу пришли А. А. Беус и Н. Е. Залашкова, 1956), тогда как на самом деле основная масса фаршированных кристаллов образована путем замещения самого берилла альбитом и другими минералами (или даже простого заполнения внутренних растворенных частей берилла альбитом и др.).

Таков, на наш взгляд, генезис трубчатых форм берилла. Они вряд ли имеют какое-либо отношение к скелетным формам метасоматического роста и потому заслуженно получили в литературе название «фаршированные», что образно и очень точно описывает способ их образования.

ЛИТЕРАТУРА

- Б е у с А. А., З а л а ш к о в а Н. Е. О метасоматическом генезисе натриевой модификации берилла в гранитных пегматитах. — Минерал. сб. Львов. геол. об-ва, 1956, № 10.
- Д я д ь к и н И. Я. Особенности формирования берилла в пегматитовых жилах. — Зап. Всес. минерал. об-ва, 1962, ч. 91, вып. 2.
- Н и к и т и н В. Д. Особенности процесса формирования минералов при метасоматических явлениях. — Труды Федоровск. научн. сесс. 1953 г. — Сб. «Кристаллография», 1955, вып. 4.
- Н и к и т и н В. Д., С а д о в с к и й Ю. А., Ф и л и п о в В. А. Природа ниоботанталовой минерализации в редкометальных пегматитах. — Зап. ЛГИ, 1959, 35, вып. 2.
- Р у д е н к о С. А. Скелетный рост кристаллов в породах и рудах. — Зап. Всес. минерал. об-ва, 1966, ч. 95, вып. 3.
- С о л о д о в Н. А. Внутреннее строение и геохимия редкометальных гранитных пегматитов. Изд-во АН СССР, 1962.