

Т. И. ТИМЧЕНКО

ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЕНИЯ БЕРИЛЛА В ПЕГМАТИТАХ
ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Интересные процессы изменения берилла наблюдались в некоторых пегматитовых жилах Восточного Забайкалья.

Пегматитовое поле представлено серией плитообразных жил северо-западного направления ($290-340^\circ$), согласных с простиранием вмещающих песчано-сланцевых пород среднего палеозоя.

В пределах пегматитового поля наблюдаются пегматиты различного состава и строения: слабо дифференцированные тела с турмалином и биотитом; альбитизированные пегматиты с блоковой зоной и нацело замещенные пегматиты с литиево-фосфатной минерализацией.

Берилл встречается во всех указанных типах жил, однако количество его, форма выделения и размер кристаллов меняется в различных жилах. Можно выделить три разновидности берилла. Первая разновидность встречается преимущественно в слабо дифференцированных пегматитах, реже берилл этой разновидности наблюдается в среднезернистых пегматитах с небольшой блоковой зоной. Берилл характеризуется мелкими кристаллами (1—2 см) призматической формы, бесцветными и прозрачными, находящимися в ассоциации с шерлом. Если кристаллы находятся в среднезернистом пегматите, они полупрозрачны и окрашены в голубоватые и зеленоватые тона. Вторая разновидность берилла представлена крупными кристаллами, максимальный размер которых 40—50 см в длину и 10—20 см и более в диаметре; кристаллы конусовидные, непрозрачные зеленовато-белого цвета. Для этой разновидности характерно агрегативное строение отдельных кристаллических индивидуумов. Хорошо образованные кристаллы, имеющие форму правильной гексагональной призмы, при ударе разбиваются на мелкие кристаллы и оказываются состоящими из тесно сросшихся параллельно длинной оси отдельных кристаллов.

Бериллы этой разновидности приурочены большей частью к центральному участку пегматитовых тел с блоковой зоной и располагаются на границе блоков микроклина и кварца, или же только в микроклине.

Третья разновидность берилла встречается обычно в альбитизированных участках пегматитовых тел среди мелкотаблитчатого альбита, а также в поздних кварц-мусковитовых прожилках. Эта разновидность характеризуется мелкими (до 1 см), молочнобелого цвета кристаллами призматической формы. Грани кристаллов свежие, не разъедены альбитом в противоположность двум первым разновидностям.

По оптическим свойствам все выделенные бериллы очень близки, только третья разновидность отличается повышенным показателем пре-

ломления ($N_g = 1,578$) по сравнению с двумя первыми ($N_g = 1,574$), что свидетельствует о более высоком содержании щелочей в бериллах этой разновидности (Дорфман, 1952).

Изменению подвергаются все указанные разновидности берилла, но в различной степени: более всего изменены бериллы первого и особенно второго типа; бериллы третьей разновидности почти не изменяются.

Все процессы изменения берилла могут быть сведены к следующему: 1) образование бертрандита и мелкочешуйчатого мусковита по бериллу; 2) замещение берилла агрегатом позднего калиевого полевого шпата и фенакита.

ОБРАЗОВАНИЕ БЕРТРАНДИТА ПО БЕРИЛЛУ

Процесс образования бертрандита по бериллу развит на изученных месторождениях очень широко. Замещение берилла бертрандитом наблюдается обычно в сильно альбитизированных пегматитовых жилах, причем замещению подвергаются часто все встречающиеся на данном участке бериллы. В макроскопически неизмененных бериллах под микроскопом видны тонкие прожилки, выполненные бертрандитом и мелкочешуйчатой слюдкой (рис. 1). Аналогичные явления замещения берилла по прожилкам бертрандитом отмечались Курбатовым С. А. (1935) и Кузнецовой Е. В. (1931). Бертрандит проникает в берилл, образуя неправильные прожилки, причем граница между бериллом и бертрандитом не всегда четкая. От указанных прожилков в обе стороны развиваются таблочки бертрандита, нацело замещающая кристалл берилла и сохраняя при этом оптическую ориентировку последнего.

В сильно измененных бериллах количество бертрандита и мелкочешуйчатого мусковита резко увеличивается. Такие измененные разности оказываются состоящими из агрегата беспорядочно ориентированных кристаллов бертрандита и слюдки, среди которых сохраняются отдельные реликты берилла с сильно разъеденными краями (рис. 2). Интересные взаимоотношения наблюдаются между мелкочешуйчатой слюдкой, бериллом и бертрандитом. Слюда непосредственно замещает берилл, а также разъедает бертрандит. Мелкие сферолиты ее часто встречаются внутри разъеденных кристаллов бертрандита. Часто от бертрандита остаются среди агрегата слюдки отдельные разрозненные реликты.

В этих случаях, когда процессы замещения доходят до конца, образуются полные псевдоморфозы агрегата бертрандита и мусковита по бериллу.

Во многих случаях бериллы нацело выщелочены; от кристаллов сохраняются только пустоты гексагональных очертаний, выполненные агрега-



Рис. 1. Пластинки бертрандита, образующиеся по бериллу (Б). $\times 30$, ник. +

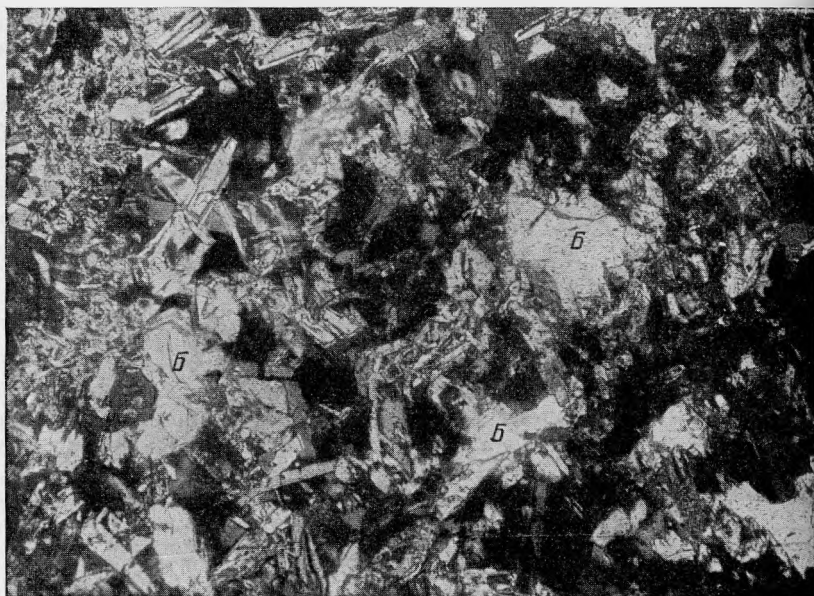


Рис. 2. Реликты берилла (Б) среди агрегата кристаллов бертрандита.
 ×30, ник. +

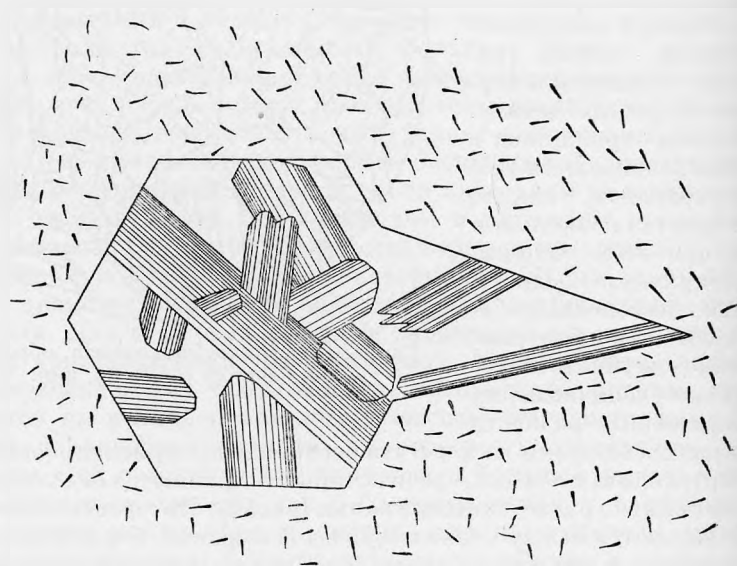


Рис. 3. Кристаллы бертрандита в пустотке, образовавшейся
 при выщелачивании берилла. Зарисовка. ×10

том кристаллов бертрандита с небольшим количеством мелкой слюдки, кристалликов альбита и кварца (рис. 3). Подобные псевдоморфозы описаны Штрэндом (Strand, 1953) для месторождения Ивеланд.

Кристаллы бертрандита нарастают один на другой, а также на стенки пустоток. Форма кристаллов удлиненная, таблитчатая. Наиболее развиты грани третьего (001) и второго (010) пинакоидов, слабее грани ромбической призмы (рис. 4, 5). На гранях третьего пинакоида наблюдается характерная вертикальная штриховка. Бертрандит часто образует двойники как полисинтетические, так и простые. Последние образуются путем срастания двух кристаллов по грани второго пинакоида под острым углом один к другому.

Цвет бертрандита чаще молочно-белый, реже встречаются бесцветные, водяно-прозрачные кристаллы. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Ясная спайность наблюдается по третьему пинакоиду, менее ясная —

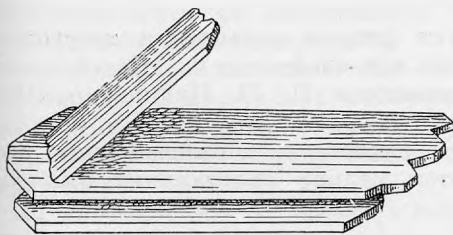


Рис. 4. Кристаллы бертрандита (размер кристаллов 0,5—0,7 см). Зарисовка

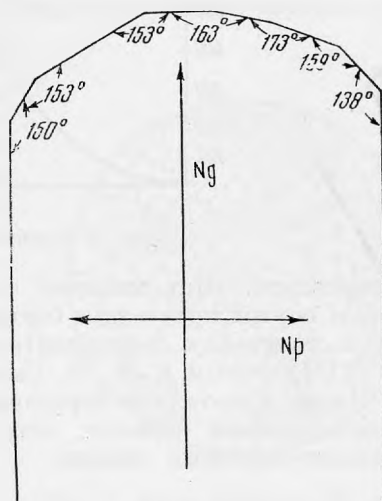


Рис. 5. Разрез кристалла бертрандита параллельно (001). Зарисовка. $\times 16$

по второму. Минерал очень хрупкий, твердость порядка 6—6,5. Удельный вес, определенный в тяжелых жидкостях, равен $2,602 \pm 0,003$.

По оптическим свойствам не отличается от обычного бертрандита: $N_g = 1,610 \pm 0,002$; $N_p = 1,588 \pm 0,002$.

Оптически двуосный, отрицательный, $2v$ — большой, дисперсия слабая $r < v$. Спектральный анализ, выполненный в лаборатории ИГЕМ АН СССР, показал, кроме обычных компонентов бертрандита, Be, Al, Si, примеси Na до 0,1%, Mg и Fe до 0,06—0,09%, Ca до 0,1—0,3%, а также следы Mn и Cu. В рентгеновской лаборатории ИГЕМ АН СССР была сделана дебаеграма бертрандита. В качестве эталона использовался бертрандит из коллекции Ф. В. Чухрова.

Как видно на табл. 1, бертрандит из пегматитовых жил отличается в общем большей интенсивностью линий (например, линии 1, 18, 26 и др.), хотя иногда наблюдается обратная картина (линия 38).

На дифференциальной кривой нагревания, сделанной также в лаборатории ИГЕМ АН СССР, видно, что вода из бертрандита выделяется в интервале от 900 до 1020° (рис. 6). Это подтверждает то, что данный минерал является обычным бертрандитом, в который вода входит в виде группы (ОН).

Бертрандит, кроме слюдки, замещается еще бесцветным минералом с низкой интерференционной окраской и показателем преломления ниже

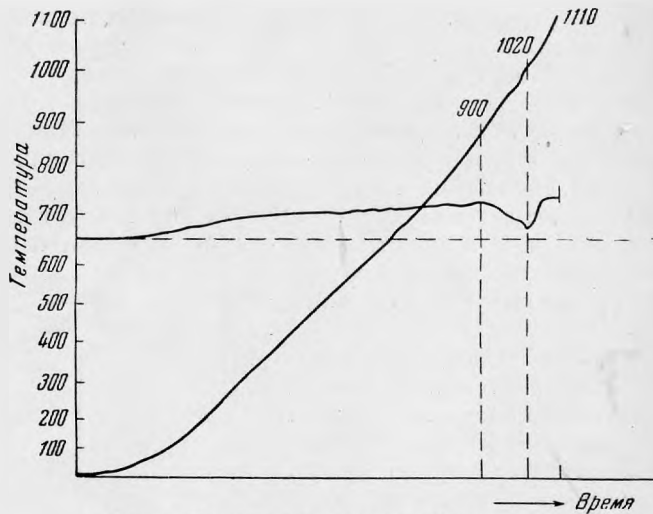


Рис. 6. Кривая нагревания бертрандита

бертрандита. Этот минерал образует фигуры разедания треугольной формы внутри кристаллов бертрандита или окаймляет их. Подобные процессы изменения бертрандита указываются П. П. Пилипенко (1909), Ф. В. Чухровым и Н. Н. Смольяниновой (1956).

Кроме кристаллов бертрандита в пустотках, образовавшихся после выщелачивания берилла, встречаются мелкие кристаллики альбита и водянпрозрачного кварца.

Таблица 1

Бертрандит из пегматитов В. Забайкалья			Бертрандит из коллекции Ф. В. Чухрова		Бертрандит из пегматитов В. Забайкалья			Бертрандит из коллекции Ф. В. Чухрова	
№ линии	i	d_{α}	i	d_{α}	№ линии	i	d_{α}	i	d_{α}
1	7	4,89	3	4,81	20	7	1,709	7	1,694
2	10	4,41	10	4,31	21	4	1,663	6	1,640
3	6	3,97	7	3,89	22	3	1,590	6	1,589
4	6	3,75	3	3,81	23	8	1,555	8	1,579
5	6	3,56	4	3,49	24	7	1,475	8	1,467
6	9	3,39			25	7	1,449	7	1,437
7	10	3,19	10	3,14	26	6	1,386	2	1,362
8	4	2,93			27	2	1,347	3	1,339
9	4	2,81	5	2,85	28	9	1,312	0	1,305
10	10	2,54	10	2,53	29	2	1,193		
11	5	2,45	5	2,42	30	2	1,279	4	1,275
12	9	2,31	9	2,28	31	8	1,259	8	1,251
13	9	2,21	9	2,21	32	5	1,245	8	1,236
14	4	2,14	3	2,10	33	5	1,221	8	1,217
15	3	2,04	4	2,03	34	2	1,193		
16	9	1,988	8	1,973	35	6	1,175	7	1,168
17	4	1,934	2	1,911	36	8	1,123	8	1,121
18	7	1,832	1	1,812	37	6	1,115	6	1,106
19	5	1,800	3	1,783	38	2	1,094	7	1,081
					39	6	1,080		

ОБРАЗОВАНИЕ ОРТОКЛАЗА И ФЕНАКИТА ПО БЕРИЛЛУ

На одном из участков месторождения наблюдался своеобразный процесс замещения берилла калиевым полевым шпатом типа ортоклаза и фенакитом. Это явление наблюдается в том участке пегматитовой жилы, где она пронизана многочисленными кварцевыми прожилками. При замещении берилла образуются полные псевдоморфозы, сохраняющие типичную штриховку и форму кристаллов берилла. Эти псевдоморфозы имеют зональное строение: центральная часть их слабо изменена, в то время как периферическая часть представляет собой сахаровидный мелкозернистый агрегат ортоклаза и бертрандита. Шлифы, сделанные из центральной части псевдоморфоз, показали, что они представляют собой почти неизменный берилл, рассеянный тонкими прожилками мелкозернистого агрегата, состоящего преимущественно из ортоклаза и бертрандита. Оба минерала выполняют одни и те же прожилки, часто чередуясь один с другим. Бертрандит частично разъедается ортоклазом и иногда наблюдаются своеобразные срастания бертрандита и ортоклаза, несколько напоминающие псевдографические. В прожилках наблюдаются также редкие выделения чешуек мусковита, разъедающие как ортоклаз, так и бертрандит.

По направлению от центра к периферии псевдоморфоз количество прожилков, выполненных ортоклазом и бертрандитом, увеличивается. С периферии берилл замещается агрегатом ортоклаза и фенакита, реже бертрандита и ортоклаза или ортоклаза, бертрандита и фенакита. Из минералов, замещающих берилл, резко преобладает ортоклаз; фенакит и бертрандит находятся явно в подчиненном количестве. Фенакит встречается в виде сильно разъеденных призматических кристаллов, замещающих берилл и сохраняющих его оптическую ориентировку.

Фенакит интенсивно разъедается ортоклазом, от него часто сохраняются только разобщенные реликты (рис. 7), по одновременному погасанию которых можно установить, что это был один кристалл. Оптические свойства его не отличаются от обычного фенакита: минерал оптически одноосный, положительный $N_e = 1,668 \pm 0,002$, $N_o = 1,657 \pm 0,004$, $N_e - N_o = 0,011$.

Ортоклаз представлен зернами с извилистыми очертаниями неправильной формы, мозаично погасающими, часто сильно каолинизированными. Показатели преломления его, измеренные в иммерсионных жидкостях, оказались: $N_g = 1,522 \pm 0,002$, $N_r = 1,517 \pm 0,002$; оптически двуосный, отрицательный, $2v$ очень маленький.

Как известно, в работе Ланге (Lange, 1955) указывается, что угол оптических осей уменьшается с понижением температуры кристаллизации полевого шпата. Так ортоклазы гранитов имеют $2v = 75^\circ$, ортоклазы пегматитов — 75° , гидротермальные ортоклазы — 55° . Следовательно, описанный нами полевой шпат, является низкотемпературным, типа адуляра.

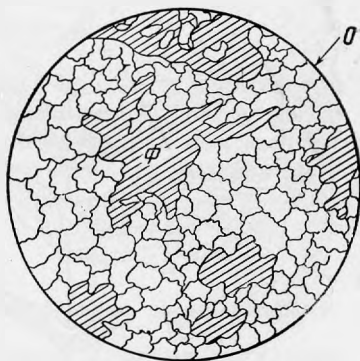


Рис. 7. Зерна фенакита (Ф), корродированные ортоклазом (О). Зарисовка

Встречающийся здесь же совместно с фенакитом и ортоклазом берtrandит представлен двумя различными генерациями. Первая более ранняя выделяется, по-видимому, примерно одновременно с фенакитом. Она представлена пластинчатыми кристаллами, находящимися среди ортоклаза, замещающими берилл с сохранением его оптической ориентировки. Пластинки берtrandита в свою очередь разъедаются ортоклазом, так что в них остаются лишь отдельные реликты. Для этой разности характерно наличие простых и полисинтетических двойников. Кристаллы фенакита и берtrandита этой разности обычно пространственно разобщены и располагаются среди агрегата ортоклаза.

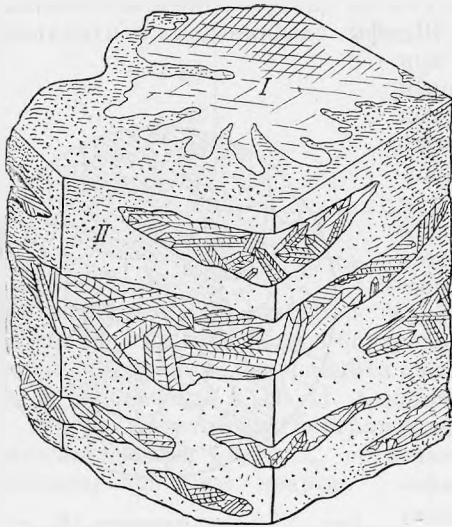
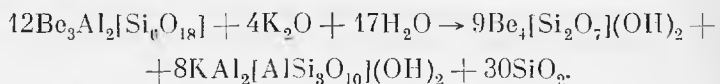


Рис. 8. Сложная псевдоморфоза ортоклаза и фенакита по бериллу

I — реликты неизмененного берилла; II — мелкозернистый агрегат ортоклаза и фенакита; III — кристаллы кварца по трещинам. Зарисовка. Натур величина

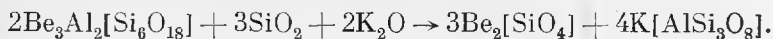
Псевдоморфозы мелкозернистого агрегата ортоклаза и фенакита по бериллу часто выщелачиваются, причем появляются своеобразные скелетные образования, характеризующиеся развитием параллельных прожилков, проходящих примерно перпендикулярно удлинению кристалла берилла. В выщелоченных участках берилла встречаются переотложившиеся кристаллы водянопрозрачного ортоклаза, иногда изъеденные кристаллами фенакита. Наряду с этими минералами в прожилках появляются минералы новообразований — альбит и кварц, из которых резко преобладает кварц, представленный хорошо образованными кристаллами, нарастающими на стенки прожилков (рис. 8).

Оба наблюдаемые нами процесса представляют собой несомненный результат поздней гидротермальной деятельности. Так как по бериллу в первом случае всегда образуется берtrandит и мусковит, то, следовательно, этот процесс происходит с привнесом калия и схематически может быть представлен в следующем виде:

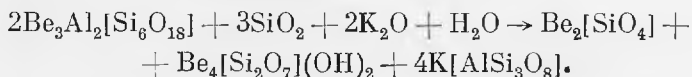


Как видно из этой схемы, замещение берилла берtrandитом должно сопровождаться выносом SiO_2 , что действительно происходит, так как мы всегда наблюдаем мелкие воднопрозрачные, часто двуконечные кристаллы кварца, нарастающие на кристаллах берtrandита.

Второй процесс, процесс образования фенакита и ортоклаза по бериллу, отличается тем, что он происходит в условиях привноса SiO_2 и K_2O . Схема реакции может быть представлена следующим образом:



В случае образования ортоклаза, фенакита и берtrandита реакцию можно изобразить следующим образом:



Из двух последних реакций видно, что процесс протекает с привносом SiO_2 и K_2O , только во втором случае имеет место привнос H_2O . Высказанное положение подтверждается фактическими данными, так как замещение берилла фенакитом и ортоклазом наблюдается в местах интенсивного кварцевания пегматитовой жилы.

ЛИТЕРАТУРА

- Дорфман М. Д. К вопросу об определении генезиса берилла. Докл. АН СССР, т. LXXXII, № 4, 1952.
- Бузнецова Е. В. Материалы по пегматитовым жилам Дзируньского массива в Закавказье. ИГРО, т. I, вып. 98, 1931.
- Бурбатов С. С. Материалы к минералогии пегматитовых жил Алтын-Тау (1-я пегматитовая жила). Тр. Таджикско-Памирской экспедиции 1933 г., вып. 41, изд. АН СССР, 1935.
- Пилипенко П. П. О берtrandите на Алтае. Изв. Академии наук, 1909.
- Чухров Ф. В. и Н. Н. Смольянинова. Берtrandит из Коунрадского гранитного массива в Центральном Казахстане. Докл. АН СССР, т. 107, № 4, 1956.
- Saenger H. Mineralogische Untersuchungen an Alkalifeldspäten. Silikattechnik, 6, S. 15, 1955.
- Strand T. Euclase from Iveland, occurring as an alteration product of beryl. Norsk geol. Tidsskrift, 31, 1, 1953.