

Т. И. ТИМЧЕНКО, ЛИ ЧЖАО-ЛИН

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ БЕРИЛЛИЯ
В ПЕГМАТИТАХ

В настоящей статье приведены результаты изучения распределения бериллия в породах и минералах пегматитовых жил одного из месторождений Сибири.

В литературе имеются главным образом обобщенные цифры по содержанию бериллия в породах и минералах.

Данные по отдельным месторождениям по этому вопросу немногочисленны (Беус, 1955; Ибадуллаев, 1958; Слепнев, 1959; Ситниц, 1960), поэтому нам представлялось интересным изучение рассеяния бериллия в гранитных породах и в минералах пегматитов с различной минерализацией на конкретном участке.

Изучение гранитов месторождения показало (табл. 1), что содержание бериллия в гранитах главной интрузивной фазы ниже кларка по А. А. Беусу для гранитов СССР и незначительно ниже среднего содержания бериллия для биотитовых и роговообманковых гранитов (Беус, 1959). В более поздних интрузивных фазах изучаемого района и, особенно, в их жильных

Таблица 1

Содержание бериллия в гранитах месторождения *

Порода	Число проб	Участок	Содержание в 10 ⁻⁴ %
Биотитовые граниты главной интрузивной фазы	2	Первый	3,7
Мусковитовые плагиограниты поздней интрузивной фазы	2	Второй	14,0
То же	5	Третий	7,2
»	10	Четвертый	5,8
Жильные мусковитовые плагиограниты	2	Пятый	12,0
Граниты поздней интрузивной фазы	17		9,7**
Граниты (Беус, Сажина, 1956)	—		5,0**
Биотитовые и роговообманковые граниты (Беус, 1959)	130		4,0**

* Определение бериллия производилось количественным спектральным методом, аналитики — И. Д. Розенберг и И. Л. Движанинова (спектральная лаборатория кафедры минералогии МГУ).

** Среднее содержание.

образованиях содержание бериллия увеличивается (табл. 1). Наиболее высокие содержания бериллия в гранитах второго участка объясняются наличием в них мелкокрапленного берилла в микропегматоидных выделениях, в то время как в остальных гранитах берилл находится главным образом в пегматоидных шпировых и жильных выделениях.

Интересные данные по распределению бериллия были получены в биотит-кварцевых сланцах. В районе пегматитового поля содержание бериллия в сланцах оказалось выше приводимого А. А. Беусом (1960) для сланцев и несколько ниже среднего содержания бериллия в сланцах из бериллоносных районов США (табл. 2). Содержание бериллия в сланцах из района непосредственного развития замещенных пегматитовых жил повышается в 1,7 раза (табл. 2).

Таблица 2

Содержание бериллия в биотит-кварцевых сланцах

Порода	Число проб	Содержание в 10^{-4} %
Сланцы в районе пегматитового поля изучаемого месторождения	7	4,4
Сланцы в районе распространения замещенных пегматитовых жил изучаемого месторождения	5	7,6
Сланцы из различных районов Забайкалья (Беус, 1960)	10	3,5
Метаморфические сланцы из бериллоносных районов США (Беус, 1960)	40	5,00

При изучении содержания бериллия вблизи пегматитовых жил было выяснено, что ореол рассеяния бериллия наблюдается только на контакте с замещенными пегматитовыми жилами, вблизи же незамещенных пегматитовых жил рассеивания бериллия в биотит-кварцевых сланцах практически не происходит (табл. 3). Рассеивание наблюдается в большей степени у висячего контакта жил и ореол его в этих участках несколько больше (см. рис. 1).

Таблица 3

Содержание бериллия в биотит-кварцевых сланцах на контакте с пегматитовыми жилами

Характеристика жилы	Расстояние от контакта, см	Содержание Be в 10^{-4} %
1. Незамещенные пегматитовые жилы:		
Висячий контакт	5—10	3,0
То же	5—10	4,0
2. Замещенные пегматитовые жилы:		
Висячий контакт	5—10	16,0
То же	50	8,0
Лежачий контакт	5—10	9,0
То же	50	5,0

Изучение микроклинов пегматитовых жил месторождения показало, что в микроклинах из различных групп пегматитовых жил содержание бериллия почти одинаковое (табл. 4) и в среднем равно $3-4 \cdot 10^{-4}$ %

(рис. 2). Эти данные совпадают в общем с данными, приводимыми А. А. Беусом (1960) для кварц-микроклиновых и мусковит-альбитовых пегматитов, и резко отличаются от среднего значения, выведенного для



Рис. 1. Распределение бериллия в биотит-кварцевых сланцах на контакте с пегматитовой жилой альбитового состава

микроклинов пегматитовых жил вообще (табл. 4) (Беус, 1955). Одинаковое содержание бериллия в микроклинах из различных по степени замещения и редкометальной минерализации групп жил может свидетельствовать об одинаковом составе пегматитовых жил до развития в них стадии замещения.

Изучение примесей бериллия в кварцах из пегматитовых жил показало, что в блоковом кварце в большинстве случаев бериллий не обнаружен.

Таблица 4

Содержание бериллия в полевых шпатах месторождения $n 10^{-4}$ %

Группы жил	Число проб	Микроклин-блоковый	Число проб	Альбит-пластинчатый (клеве-ландит + таблитчатый)	Число проб	Альбит-сахаровидный	Число проб	Альбит (пластинчатый + сахаровидный)
I. Слабо замещенные жилы кварц-микроклинового состава	4	2,7	4	5,0	1	6,0	5	5,2
II. Замещенные жилы микроклин-альбитового состава	5	3,7	8	4,9	4	5,0	12	4,1
III. Сильно замещенные жилы альбитового состава	1	4,0	4	2,7	2	2,0	6	2,82
Среднее содержание	10	3,4	16	4,4	7	4,3	23	4,38
Мусковит-микроклиновый пегматит с бериллом и колумбит-тапталитом (Беус, 1960)	1	5,0	1	7,0	1	4,0		
Среднее содержание бериллия в микроклинах и альбитах из пегматитовых жил, содержащих бериллиевые минералы (Беус, Федорчук, 1955)	19	8,0					29	18,0

В кварце из кварц-мусковитового комплекса в жилах микроклин-альбитового состава, в которых устанавливаются высокие концентрации берилла, содержание бериллия $0,00025\%$ в сильно замещенных жилах с меньшим содержанием берилла — $0,00020\%$ (табл. 5).

Таким образом, устанавливается, что в минералах ранней стадии кристаллизации пегматитов (блоковом кварце и микроклине) рассеяние бериллия незначительное и одинаковое для минералов из различных групп пегматитовых жил.

Для изучения распределения бериллия в мусковитах месторождения исследовались две его главные генерации: а) мусковит пегматондный и мусковит кварц-мусковитового комплекса (объединенные ввиду отсутствия в



Рис. 2. Распределение бериллия в полевых шпатах пегматитовых жил
 а — микроклин; б — таблитчатый альбит; в — сахаровидный альбит
 3—7 — слабозамещенные жилы кварц-микроклинового состава; 9—15 — замещенные жилы микроклин-альбитового состава; 17—19 — сильнозамещенные жилы альбитового состава

них четкого различия); б) так называемый «грейзеновый» мусковит, образующийся после стадии альбитизации. Средние значения содержания бериллия в мусковитах этих двух генераций приблизительно одинаковы

Таблица 5

Содержание бериллия в кварце из пегматитовых жил $n \cdot 10^{-4} \%$

Группы жил	Число проб	Кварц блоковый	Число проб	Кварц из кварц-мусковитового комплекса
I. Слабо замещенные жилы кварц-микроклинового состава	2	Не обнаружен	2	<3,0
II. Замещенные жилы микроклин-альбитового состава	2	Не обнаружен	2	2,5
III. Сильно замещенные жилы альбитового состава . . .	—	—	2	2,0

(табл. 6). Однако поведение бериллия в мусковитах этих генераций в различных группах жил месторождения значительно отличаются. Так, содержание бериллия в мусковитах первой генерации постепенно увеличивается от слабо замещенных жил к сильно замещенным (рис. 3), причем особенно сильно оно возрастает в жилах с литиевой минерализацией (жилы № 18, 19). «Грейзеновый» мусковит в группе слабо замещенных жил кварц-микроклинового состава практически отсутствует. В замещенных жилах микроклин-альбитового состава содержание бериллия в «грейзеновом» мусковите довольно постоянно и равно в среднем $16,0 \cdot 10^{-4} \%$. Из этой закономер-

Таблица 6

Содержание бериллия в мусковитах месторождения и 10^{-4} %

Группы жил	Число проб	Мусковит пегматоидный и мусковит кварц-мусковитового комплекса	Число проб	Грейзеновый мусковит	Число проб	Мусковит грейзеновый и мусковит кварц-мусковитового комплекса
I. Слабо замещенные жилы кварц-микроклинового состава	8	13	—	—	8	13
II. Замещенные жилы микроклин-альбитового состава	7	17	6	18	13	16,8
III. Сильно замещенные жилы альбитового состава	7	24	4	19	11	22,2
Среднее содержание	22	18	10	18,2	22	18
Мусковит из микроклинных пегматитов с бериллом и колумбит-танталитом (Беус, 1966)					1	26
Среднее содержание бериллия в мусковитах из пегматитов, содержащих бериллиевые минералы (Беус, Федорчук, 1955)					21	56,00

ности выпадает более высокое содержание бериллия в «грейзеновом» мусковите жилы № 11 ($27,0 \cdot 10^{-4}$ %). Этот факт, по-видимому, объясняется тем, что жила № 11 располагается в крыле куполовидной складки, где были более благоприятные условия для концентрации летучих, в то время как остальные жилы этой группы выполняют сколовые трещины, часто



Рис. 3. Распределение бериллия в слюдах пегматитовых жил

а — мусковит пегматоидный и мусковит кварц-мусковитового комплекса; б — мусковит грейзеновый; 1—7 — слабозамещенные жилы кварц-микроклинового состава; 8—16 — замещенные жилы микроклин-альбитового состава; 17—19 — сильнозамещенные жилы альбитового состава

подновлявшиеся. В сильно замещенных жилах альбитового состава содержание бериллия в «грейзеновом» мусковите, так же как и в первой генерации, увеличивается в жилах с литиевой минерализацией (№ 18,19). Если в замещенных жилах микроклин-альбитового состава содержание бериллия в первой и второй генерациях приблизительно одинаково, то в сильно замещенных жилах альбитового состава содержание бериллия в грейзено-

вом мусковите приблизительно в 1,3 раза ниже, чем в мусковитах первой генерации.

При изучении альбитов месторождения оказалось, что они содержат в общем больше бериллия, чем микроклины (табл. 4). Если же рассматривать поведение бериллия в альбитах из различных групп жил, то можно отметить, что наиболее высокие содержания бериллия наблюдаются в альбитах из слабо замещенных и замещенных пегматитовых жил, т. е. из жил, содержащих наиболее высокие концентрации берилла. В альбитах из жил с меньшей концентрацией берилла (жилы альбитового состава) содержание бериллия уменьшается, причем более поздние генерации альбита (сахаровидный) являются более «стерильными» по отношению к бериллию.

К приведенным цифрам ближе всего данные по содержанию бериллия в мусковит-микроклиновых блоковых и полидифференцированных пегматитах, приводимые А. А. Беусом (1960) (см. табл. 4).

Таким образом, на ранних стадиях пегматитового процесса при формировании кварц-микроклиновых пегматитов рассеивание бериллия очень небольшое и одинаковое во всех группах пегматитовых жил. В стадию замещения, начинающуюся образованием как пегматоидного мусковита, так и мусковита кварц-мусковитового комплекса, уже сказываются различия в составе мусковитов из различных групп жил. С увеличением роли летучих

Таблица 7

Содержание бериллия в минералах пегматитовых жил

Минерал	Характеристика жил	Генерация	Число проб	Ве $n \cdot 10^{-4}$ %
Турмалин (шерл)	Кварц-микроклиновые пегматиты	В блоковом пегматите	4	6,8
То же	Альбитовые пегматиты	То же	2	8,0
»	Кварц-микроклиновые пегматиты	В сахаровидном альбите	2	Не обн.
»	Микроклин-альбитовые пегматиты	То же	2	Не обн.—0,4
»	Альбитовые пегматиты	»	2	Не обн.—0,3
Биотит	Кварц-микроклиновые пегматиты	В кварц-микроклиновом пегматите	1	<0,3
Гранат	То же	В блоковом микроклин	1	Не обн.
»	Микроклин-альбитовые пегматиты	Среднезернистый альбитизированный пегматит	1	4,0
»	Кварц-микроклиновые пегматиты	В сахаровидном альбите	1	4,0
Апатит	Альбитовые пегматиты	В блоковом микроклин	1	2,9
»	То же	В пустотах	1	2,7
Сподумен	»	В кварц-сподуменовом комплексе	1	13,0
Циматолит спло-дистый	»	То же	1	10,0
Циматолит аль-битовый	»	»	1	6,0
Касситерит	Микроклин-альбитовые пегматиты	В кварц-мусковитовом комплексе	2	5,7
Эсфорит	Альбитовые пегматиты	В пустотах	1	61,0

и степени замещения жил содержание бериллия в мусковитах увеличивается. Наибольшее рассеивание наблюдается в жилах с литиевой минерализацией (рис. 3, № 18 и 19). Главная масса берилла выделяется в стадию образования кварц-мусковитового комплекса и несколько раньше. В жилах, содержащих большее количество берилла, количество бериллия в ассоциирующих с бериллием слюдах увеличивается. Однако на рассеивание бериллия сильное влияние оказывает наличие летучих, а также редких щелочей, — в частности, лития. Поэтому в сильно замещенных жилах с литиевой минерализацией, содержащих меньшие концентрации берилла, рассеивание бериллия в слюдах резко возрастает (жилы № 18 и 19). В альбитах, формирующихся после образования кварц-мусковитового комплекса, содержание бериллия в сильно замещенных жилах с малой концентрацией берилла падает по сравнению с альбитами остальных жил почти в два раза. На более поздних стадиях пегматитового процесса (стадия образования «грейзенового» мусковита) содержание бериллия в слюдах также увеличивается в жилах с литиевой минерализацией. Однако количество бериллия в «грейзеновом» мусковите меньше, чем в слюдах первой генерации в этих же жилах. Это свидетельствует о том, что главная масса берилла выделяется до образования прейзенового мусковита.

По распределению бериллия в остальных минералах пегматитовых жил месторождения получены следующие данные.

В турмалинах из блоковых частей жил кварц-микроклинового состава содержание бериллия в среднем равно $6,8 \cdot 10^{-4}\%$, в жилах альбитового состава оно несколько повышается до $8,0 \cdot 10^{-4}\%$. В турмалинах, ассоциирующих с сахаровидным альбитом, в слабо замещенных жилах бериллий не обнаружен, в жилах же остальных групп содержание его колеблется от 0,00 до $3-4,0 \cdot 10^{-4}\%$. Интересно распределение бериллия в сподумене и циматолитах (табл. 7). В то время как в неизменном сподумене содержание бериллия равно $13,0 \cdot 10^{-4}\%$, в слюдистых циматолитах он снижается до $10,0 \cdot 10^{-4}\%$, в альбитовых циматолитах — до $6,0 \cdot 10^{-4}\%$.

Следовательно, бериллий из сподумена, возможно, выносятся вместе с литием.

В остальных минералах (кроме поздних фосфатов) содержание бериллия не выше $n \cdot 10^{-4}\%$. Интересно повышенное содержание бериллия в эсфорите, где он, вероятно, замещает алюминий.

ЛИТЕРАТУРА

- Б е у с А. А. Закономерности распределения бериллия в изверженных горных породах. — Труды Геохимического симпозиума, Изд-во АН СССР, 1959.
- Б е у с А. А. Геохимия бериллия и генетические типы бериллиевых месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Б е у с А. А., С а ж и н а Л. И. О кларке бериллия в кислых магматических породах СССР. — Докл. АН СССР, т. 109, № 4, 1956.
- Б е у с А. А., Ф е д о р ч у к С. Ю. О кларке бериллия в гранитных пегматитах. — Докл. АН СССР, т. 104, № 1, 1955.
- И б а д у л л а е в С. И. О натровом берилле одного из пегматитовых полей. — Узбекск. геол., журн., № 2, 1958.
- С и т н и н А. А. Распределение редких элементов в амазонитовых гранитах Этыкинского массива (Восточное Забайкалье). — Геохимия, № 4, 1960.
- С л е п н е в Ю. С. Особенности распределения некоторых редких элементов в метаморфических породах, гранитах и редкометалльных пегматитах Саян. — Геохимия, № 3, 1959.