

В. Л. БОРУЦКАЯ, Ю. И. ФИЛИПОВА

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РУБИДИИ В ПОЛЕВЫХ ШПАТАХ

Наиболее высокие концентрации редких щелочей в калиевых полевых шпатах характерны для редкометальных гранитных пегматитов. Содержание в них рубидия часто достигает 0,5—1,0%, цезия — сотые доли процента. Отмечались и более высокие содержания. Например, полевые шпаты одной из редкометальных провинций Северо-Западной части СССР содержат 1,5—3,5% рубидия (Боровик-Романова, Калига, 1958; Гордиенко, Каменцев, 1967). При этом высокие содержания редких щелочей отмечались только в моноклинных калиевых полевых шпатах (ортоклазах). На основании этого В. В. Гордиенко и И. Е. Каменцев сделали заключение, что крупные катионы рубидия и цезия оказывают стабилизирующее влияние на процесс упорядочения Si и Al в структуре полевых шпатов. Отсюда следовал вывод, что наиболее высоких концентраций редких щелочей можно ожидать только в моноклинных калиевых полевых шпатах, в то время как триклинные микроклины неперспективны на обнаружение в них высоких содержаний рубидия.

При изучении одного из редкометальных месторождений Сибири нами так же были обнаружены высокие содержания рубидия в калиевых полевых шпатах (до 2,5%). Интересной отличительной особенностью этих полевых шпатов является принадлежность их к максимальной упорядоченной модификации — микроклину.

Минералого-геохимическая характеристика этих пегматитовых тел дана в ранее опубликованных статьях (Филиппова, 1970, 1971). Поэтому в данной работе мы лишь кратко повторим их характерные особенности.

Пегматитовые тела месторождения вытянуты узкой полосой в субмеридиональном направлении вдоль крупного регионального нарушения и сконцентрированы на четырех участках: Северном, Центральном, Южном и Юго-Восточном. Жилы в своем большинстве крутопадающие (50—80°). Они имеют сложную морфологию, сильно ветвятся и часто сгруппированы в серии. Их внутреннее строение характеризуется незакономерным чередованием минеральных комплексов, которые часто бывают плохо дифференцированы между собой. Наиболее широко развиты в жилах следующие три минеральных комплекса: 1) тонкокристаллический сподумен-кварц-альбитовый, 2) средне- и крупнокристаллический альбит-кварц-сподумен-микроклиновый, 3) мелкозернистый кварц-альбитовый.

Учитывая генетические взаимоотношения между этими комплексами и их геохимическую специализацию, можно предположить близкое

время кристаллизации первых двух комплексов, с некоторым запаздыванием альбит-кварц-сподумен-микроклинового. Мелкозернистый кварц-альбитовый агрегат является самым поздним по времени выделения, так как корродирует оба сподуменоносные комплексы и содержит в себе реликты их минералов.

Калиевый полевой шпат распространен во всех трех комплексах и наиболее характерен для альбит-кварц-сподумен-микроклинового (до 30%). На основе парагенетической принадлежности и наблюдаемых пересечений намечаются четыре генерации калиевого полевого шпата: 1) генерация I — из тонкокристаллического комплекса, представленная светло-серыми ксеноморфными зернами размером от первых мм до 1—1,5 см; 2) генерация II — из средне- и крупнокристаллического комплекса, представленная изометричными или удлиненными выделениями серого цвета от 3—4 см до 15—20 см в длину, редко до 50—60 см; 3) генерация III — из мелкозернистого кварц-альбитового комплекса, образующая изометричные белые кристаллы с матовым блеском, размером 1—3 см в поперечнике. При замещении кварц-альбитовым агрегатом средне- и крупнокристаллического комплекса наблюдается частичное осветление серого полевого шпата-II с образованием белых фарфоровидных участков. Известны также пересечения по трещинам серой разности белой.

Самой поздней (генерация IV) является адуляровидная разновидность полевого шпата, образующая тонкие прожилки, секущие все ранее указанные комплексы.

Для исследования калиевый полевой шпат отбирался из различных участков всех представительных жил месторождения, преимущественно из средне- и крупнокристаллического комплекса. Были отобраны также единичные образцы I, III и IV генераций.

По трем разрезам разных жил были взяты образцы полевого шпата II по мощности пегматитового тела: со стороны висячего и лежащего боков и из центральной части.

Образцы дробились до фракции 0,5—0,25 мм, очищались от примесей под бинокулярной лупой и анализировались на содержания щелочей методом фотометрии пламени (лаборатория физико-химических методов исследования ИМГРЭ). Полученные данные представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, содержания рубидия и цезия в калиевых полевых шпатах из жил всех четырех участков колеблются в широких пределах. Максимальные содержания этих элементов обнаружены в полевых шпатах из поллуцитоносных участков жил. Содержание рубидия в полевом шпате выше 1% и содержание цезия в нем более 0,16—0,17% может служить поисковым признаком на поллуцит для данного месторождения (Филиппова, 1971).

Наиболее высокие содержания рубидия установлены в полевых шпатах из приконтактных участков жил (обр. 26, 26б, 27, 34а, 35, 35б).

Из сравнения содержаний рубидия и цезия в полевых шпатах разных генераций (обр. 33—33в) следует, что наиболее богата редкими щелочами генерация II, а генерация IV — самая бедная.

Снижение содержания рубидия в полевых шпатах поздних генераций, видимо обусловлено уменьшением их изоморфной емкости по отношению к рубидию с понижением температуры (Челищев, Боруцкая, 1972).

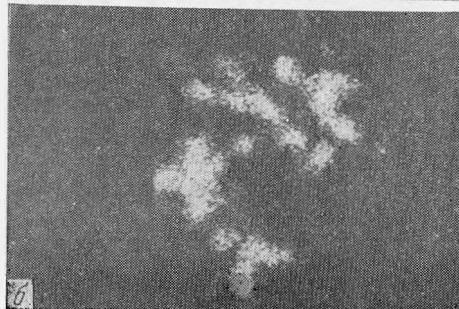
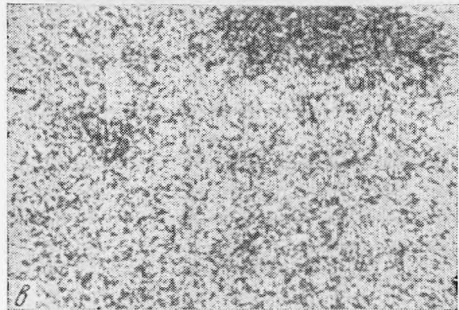
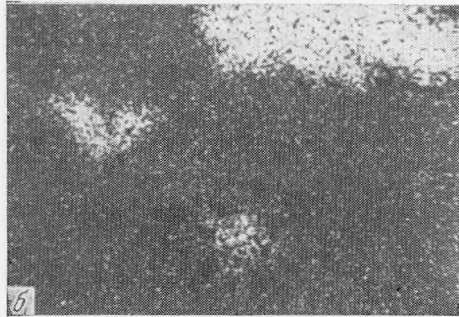
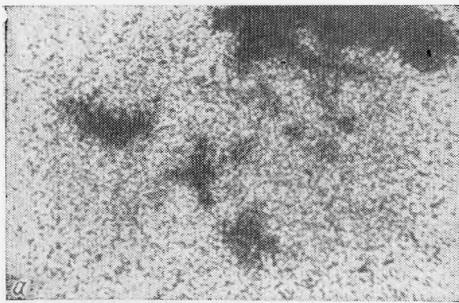
Для характеристики структурного состояния образцы калиевых полевых шпатов с различным содержанием рубидия были изучены рентгеновскими и оптическими методами. Рентгеновские измерения проводились на дифрактометре УРС-50И, на Fe-излучении, при скорости вращения головки гониометра 0,5 град/мин, IV постоянной времени, в интервале углов 2θ 25—40°.

23		0,72	10,93	0,018
24		0,60	12,00	0,020
25		0,86	11,20	0,026
	Генерация II:			
26	из висячего бока	0,79	10,82	0,030
26а	центр. часть	0,82	10,45	0,038
26б	лежащий бок	0,77	11,22	0,018
27а	висячий бок	0,74	11,60	0,023
27	центр. часть	0,79	11,22	0,034
27б	лежащий бок	1,04	11,82	0,020
28	Генерация II	0,77	10,670	0,019
29	Генерация II	0,60	12,95	0,003
29а	Генерация III	0,31	12,95	0,001
30	Генерация II	0,95	11,95	0,015
31		1,42	11,90	0,013
32		1,13	12,10	0,022
33	Генерация I	4,80	8,70	0,017
33а	Генерация II	0,89	11,06	0,001
33б	Генерация III	1,08	10,02	0,020
33в	Генерация IV	0,65	11,90	0,005
	Генерация II:			
34	из центр. части	0,83	11,05	0,023
34а	лежащего бока	0,85	11,62	0,010
	Генерация II:			
35	из вис. бока	0,90	12,00	0,036
35а	центр. части	0,85	10,05	0,034
35б	лежащего бока	0,70	11,60	0,048
	Генерация II:			
36	из шлиров гранит. массивов	0,73	10,53	0,002
37	»	1,20	16,05	н. о.

1,020	0,243									
1,310	0,231	4,2487	0,87	78	21	29	72	15	85	76
1,330	0,270	4,2482	0,98							
1,320	0,220	4,2577	0,91							
1,250	0,220	4,2577	0,91	77	12	48	57	11	86	72
1,580	0,200	4,2451	0,91	79						
0,940	0,140	4,2387	0,85							
0,810	0,160	4,2324	0,86	82	19	31	67	17	84	73
0,730	0,110			72						
1,620	0,214									

Юго-Восточный участок

0,480	0,045	4,2293	0,94							
0,250	0,001	4,2293	0,94							
0,937	0,033	4,2387	0,85	78	12	43	60	7	87	83
1,670	0,259	4,2418	0,80	83	18	34	65	17	87	74
1,780	0,290	4,2451	0,87	84	20	30	66	9	85	84
0,860	0,148	4,2387	0,91							
1,940	0,283	4,2451	0,95	79	19	34	69	12	86	78
1,588	1,320	4,2451	0,95	78						
0,581	0,042	4,2414	0,85	78	10	44	64	13	82	78
1,990	0,276									
2,137	0,276									
2,160	0,220	4,2419	0,90	78	17	37	66	15	89	78
1,950	0,239	4,2482	0,97	77	21	34	70	14	90	77
2,520	0,320	4,2482	0,93	81	19	36	65	12	87	79
0,730	0,200	4,2414	0,85							
0,195	0,036	4,2262	0,95	79	23	32	71	9	82	89



Величина рентгеновской триклинности ($\Delta\rho$) оценивалась по расщеплению отражений 131 и 131 (Goldsmith, Laves, 1954). Рассмотрение полученных нами данных показывает, что все изученные калиевые полевые шпаты имеют очень высокую степень рентгеновской триклинности, равную 0,80—1,00.

Оптические измерения проводились коноскопическим методом в шлифах, ориентированных \perp {100}. Определялась величина угла оптических осей $2V$ и полная ориентировка оптической индикатрисы (табл. 1). Величина $2V$ и угол Ng : \perp (010), как известно, являются структурно-чувствительными константами (Марфунин, 1962); угол оптических осей для микроклина с максимальным Si-Al упорядочением в структуре составляет $83,5^\circ$ величина $Ng \perp$ (010) равна $18,5^\circ$, а величина $Nm \perp$ (001) равна 12° . Проведенные нами оптические измерения показывают, что все полевые шпаты имеют большие углы оптических осей и ориентировку оптической индикатрисы, характерную для микроклинов, то есть они относятся к максимально упорядоченной модификации.

Для количественной оценки входящего в микроклин рубидия и цезия образцы с высоким содержанием этих элементов снимались на микроанализаторе «Камека» (аналитик А. И. Целин, ИГЕМ). Полученные данные говорят о том, что почти весь рубидий распределен в структуре калиевого полевого шпата и не входит в альбит (рис. 1). Изоморфная емкость микроклина в отношении цезия не превышает 0,2%. При большем его содержании устанавливается собственно цезиевый минерал — поллцит, который образует очень мелкие вкрапленники (рис. 2).

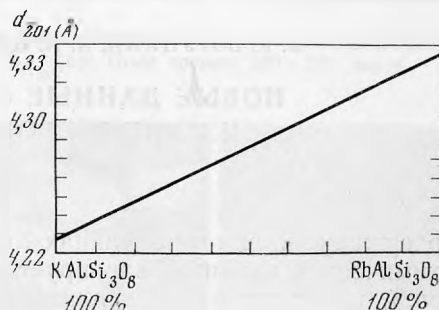
Рис. 1. Сканирование в рентгеновских лучах
а — Kk_α ; б — $Na k_\alpha$; в — $Rb k_\alpha$

Рис. 2.

а — форма частиц поллцита в калиевом полево- шпате (снято в поглощенных электронах);
б — сканирование в рентгеновских лучах CsL_α

Содержание натрия в изученных образцах колеблется в среднем от 0,6 до 1%. В шлифах отчетливо видно, что в калиевых полевых шпатах постоянно наблюдаются пертиты распада. Альбитовая фаза отчетливо фиксируется и на дифрактограммах. Содержание натровой составляющей в твердом растворе полевого шпата определяется по величине d_{201} . В нашем случае она должна зависеть от содержания изоморфного рубидия в полевом шпате (Orville, 1967). Недавно нами впервые был синтезирован чисто рубидиевый микроклин (Боруцкая, 1975) и было определено его значение d_{201} , равное 4,33 Å (d_{201} для природного микроклина равно 4,228 Å). На основании этого мы построили приближи-

Рис. 3. Зависимость величины d_{201} микроклина от содержания в нем рубидия



тельную диаграмму зависимости d_{201} микроклина от содержания в нем рубидия (рис. 3).

Рассчитанные величины d_{201} для полевых шпатов данного месторождения имеют повышенные значения, что, помимо обычной зависимости от соотношения калия и натрия, определяется присутствием значительного количества рубидия. Натрий в твердом растворе калиевой фазы не содержится.

Таким образом, в процессе фазового распада твердого раствора натрий выделяется из него быстрее, чем рубидий, обладающий более близкими кристаллохимическими свойствами к калию, чем натрий.

Проведенные исследования показывают, что повышенные содержания рубидия наблюдаются не только в моноклинной, неупорядоченной модификации калиевого полевого шпата, но и в максимально упорядоченной модификации — микроклине. Таким образом, рубидий не оказывает стабилизирующего влияния на процесс упорядочения структуры калиевых полевых шпатов.

ЛИТЕРАТУРА

- Боровик-Романова Г. Ф., Калита Е. Д. О цезиево-рубидиевом микроклин-пертите и распространении в нем редких щелочных металлов.— *Геохимия*, 1958, № 2.
- Боруцкая В. Л. Синтез рубидиевых и цезиевых полевых шпатов различного структурного состояния.— *ДАН СССР* 1975, 222, № 4.
- Гордиенко В. В., Каменцев И. Е. Влияние крупных катионов рубидия и цезия на процесс упорядочивания структуры калиевых полевых шпатов.— *Сб. «Минералогия и геохимия»*, вып. 2. Л., 1967.
- Марфунич А. С. Полевые шпаты — фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распределение.— *Труды ИГЕМ*, 1962, вып. 78.
- Филиппова Ю. И. Новый парагенетический тип тантал-цезиевых пегматитов.— *ДАН СССР*, 1970, 192, № 5.
- Филиппова Ю. И. Геохимия редких элементов в слабо дифференцированных поллуцитоносных пегматитах Сибири.— *Сб. «Пегматитовые редкометалльные месторождения»*, Изд. ИМГРЭ, 1971, вып. 4.
- Челшцев Н. Ф., Боруцкая В. Л. О зависимости обменной емкости от степени упорядочения калиевых полевых шпатов в надкритических условиях.— *Геохимия*, 1972, № 3.
- Goldsmith J. R., Laves F. The microcline-sanidine stability relations.— *Geochim., Cosmochim. Acta*, 1954, 5.
- Orville Ph. M. Unit-cell parameters of the Microcline — low Albite and the Sanidine — high Albite solid solution series.— *Amer. Miner.*, 1967, 52.