

А. Ф. Ефимов, Т. Б. Горбачева

О КАЛИЕВЫХ ПОЛЕВЫХ ШПАТАХ ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТОВ  
ИНАГЛИНСКОГО МАССИВА

Щелочные пегматиты Инаглинского концентрически-зонального щелочного ультраосновного массива образуют дайкообразные тела до 20 м мощностью (чаще не превышающие 3—5 м). Пегматиты в основном секут дунитовое ядро массива и делятся на два типа: эккерманит-полевошпатовые и эгирин-эккерманит-полевошпатовые.

Жилы первого типа состоят из калиевого полевого шпата и эккерманита, жилы второго типа — из калиевого полевого шпата, эккерманита и эгирина. Кроме того, в жилах этого типа наблюдаются мелкие (до  $0,5 \times 0,3 \times 0,3$  м) гнездовидные выделения альбита и натролита, к которым приурочена редкометалльная минерализация. Таким образом, калиевые полевые шпаты являются основными породообразующими минералами в жилах обоих типов и слагают до 95% жильной массы в пегматитах первого типа и 80—85% — в пегматитах второго типа.

Полевые шпаты жил первого типа представлены в основном мелкозернистой массой, величина кристаллических зерен которой не превышает 1—2 мм. Лишь изредка встречаются более крупнокристаллические участки с величиной кристаллических зерен до 1—1,5 см. Полевые шпаты жил этого типа — светлые, желтовато-серые, непрозрачные, с тусклым стекляннным блеском. Удельный вес этих полевых шпатов равен 2,49.

Полевые шпаты жил второго типа представлены агрегатом гигантокристаллов — до 20 см длиной. Основная масса полевых шпатов этих жил непрозрачна, имеет серовато-белую, реже — зеленовато-серую окраску и стекляннный блеск. Часто встречаются прозрачные участки кристаллов, имеющие темно-серую или светло-розовую окраску и голубую приризацию «лунного камня».

При более детальном макроскопическом изучении полевых шпатов жил этого типа намечается закономерность в распределении прозрачных и непрозрачных полевых шпатов. Прозрачные полевые шпаты обычно слагают участки в центральных частях крупных кристаллов, расположенных в периферических частях жил. В сложно дифференцированных жилах с довольно крупными гнездами альбита и натролита и редкометалльной минерализацией прозрачные полевые шпаты наблюдаются лишь в виде небольших ( $4 \times 2 \times 1$  см) участков с неровными округлыми очертаниями в центральных частях крупных кристаллов. В слабо дифференцированных жилах прозрачные полевые шпаты имеют более широкое распространение, часто нацело слагая гнезда величиной до  $1 \times 0,5 \times 0,3$  м, состоящие из нескольких гигантокристаллов.

Прозрачные участки, постепенно мутнея, переходят в серовато-белый полевой шпат, который наблюдается в периферических частях прозрач-

ных кристаллов или образует целиком непрозрачные серовато-белые кристаллы. Такой полевой шпат серовато-белого цвета, иногда с зеленоватым или желтоватым оттенком, благодаря множеству микровключений иглолочек эгирина, слагает основной объем пегматитовых тел. Непосредственно на контакте с альбитовыми и натролитовыми гнездами полевой шпат обычно имеет белую окраску. Даже в тех местах жильных тел, где альбитовые гнезда расположены вблизи от прозрачного калиевого полевого шпата, между ними всегда наблюдается промежуточная зона белого калиевого полевого шпата. К зоне перехода от прозрачного полевого шпата к белому полевому шпату приурочено выделение батисита (титано-силиката бария) первой генерации.

Удельный вес прозрачного и белого шпатов соответственно равен 2,59 и 2,50.

Наличие в жилах второго типа прозрачных и белых разновидностей калиевого полевого шпата и постепенных переходов между ними, так же как и постоянное присутствие зоны белого полевого шпата между участками, сложенными прозрачными шпатами и гнездами альбита или натролита и приуроченность выделений батисита к этой зоне, — все это заставило обратить основное внимание на изучение калиевых полевых шпатов жил этого типа. Кроме того, гигантокристалличность шпатов в жилах второго типа и наличие довольно отчетливой спайности позволило применить для определения их оптической ориентировки коноскопический метод (Марфунин, 1961). Дальнейшее описание относится к полевым шпатам только этого типа.

Было проведено оптическое и химическое изучение отдельно серого прозрачного, непрозрачного белого, серовато-белого и промежуточных полевых шпатов с отдельными мелкими прозрачными участками. Прозрачные шпаты в своих центральных частях монокристалличны, даже при больших увеличениях, хотя и обладают мозаичным угасанием. Однако при приближении к границе с белым полевым шпатам в зонах помутнения они замещаются мелкодвойникованным агрегатом полевого шпата (рис. 1).

Серовато-белый полевой шпат представляет собой агрегат крупнодвойникованного калиевого полевого шпата, соединяющийся с монокристаллическим шпатам через зону мелкодвойникованного шпата, с постепенным увеличением размеров двойниковых неделимых.

Очень характерен тип двойникования этих полевых шпатов. В разрезах по 001 неделимые имеют вид довольно неправильных пятен, имеющих ступенчатые ограничения (рис. 2, а). В разрезах  $\perp$  001 и 010 неделимые имеют вид более или менее вытянутых веретен (рис. 2, б). Подобный тип двойникования характерен для многих калиевых полевых шпатов щелочных пегматитов агпаитового ряда (Хибины, Ловозеро — СССР, Южная Норвегия; Солодовникова, 1959; Власов и др., 1959; Brögger, 1890). Для такого вида двойникования калиевых полевых шпатов Хибинского и Ловозерского массивов был введен термин «микроклин-изопертит». Однако это название нельзя считать удачным, так как под термином пертит мы обычно понимаем присутствие двух фаз, тогда как этот крупнодвойниковый шпат может состоять лишь из одной калиевой фазы. Мелкодвойникованный полевой шпат, как правило, содержит довольно много численные пертитовые вросстки альбита, располагающиеся параллельно двойниковым плоскостям калиевого полевого шпата и часто лишь в одной системе неделимых, которые, вероятно, представляют собой пертиты распада. Крупнодвойникованный полевой шпат обычно содержит меньшее количество пертитовых вростток альбита или же не содержит их вовсе.

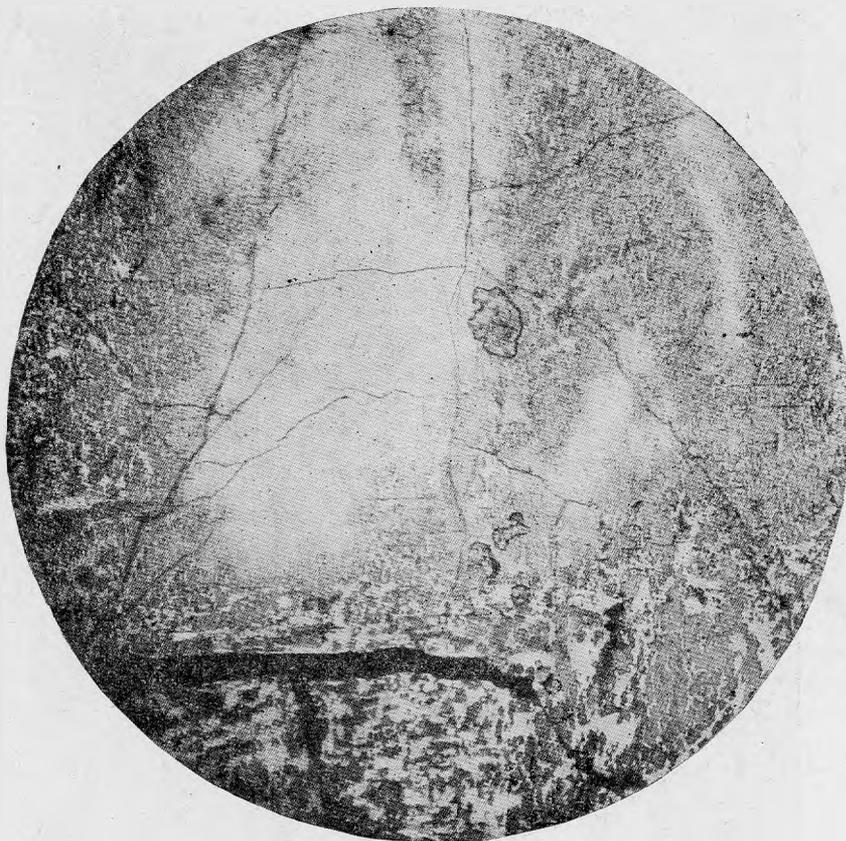


Рис. 1. Замещение монокристаллического калиевого полевого шпата микродвойникованным. (Видно постепенное увеличение размеров двойниковых неделимых). Увел. 30

Чистый белый полевой шпат, приуроченный к контактам с гнездами альбита и натролита и иногда образующий мелкие идиоморфные кристаллы в этих гнездах, сдвойникован наиболее крупно и не содержит альбитовых вростков.

Результаты определения оптической ориентировки, приведенные в таблице, показали, что прозрачные монокристаллические полевые шпаты имеют незначительное отклонение от моноклининой ориентировки. Угол оптических осей ( $-$ )  $2V$  прозрачных шпатов, напротив, колеблется в широких пределах — от 68 для центральных частей прозрачных кристаллов до 82 для мелких прозрачных реликтов, среди сдвойникованного полевого шпата.

Таким образом, прозрачные полевые шпаты, имея оптическую ориентировку, близкую к моноклининой, при сильно варьирующем угле  $2V$ , достигающем иногда величины, характерной для микроклинов, могут быть названы промежуточными ортоклазами. Для мелкосдвойникованного полевого шпата обычно не удавалось определить оптическую ориентировку, так как он не дает суммарной коноскопической картины, а величина неделимых слишком мала для определения ориентировки ортоскопическим методом. В тех случаях, когда такие блок-кристаллы давали суммарную коноскопическую картину, они имели ориентировку, близкую к моноклининой и ( $-$ )  $2V = 85^\circ$ . Крупносдвойникованный шпат харак-

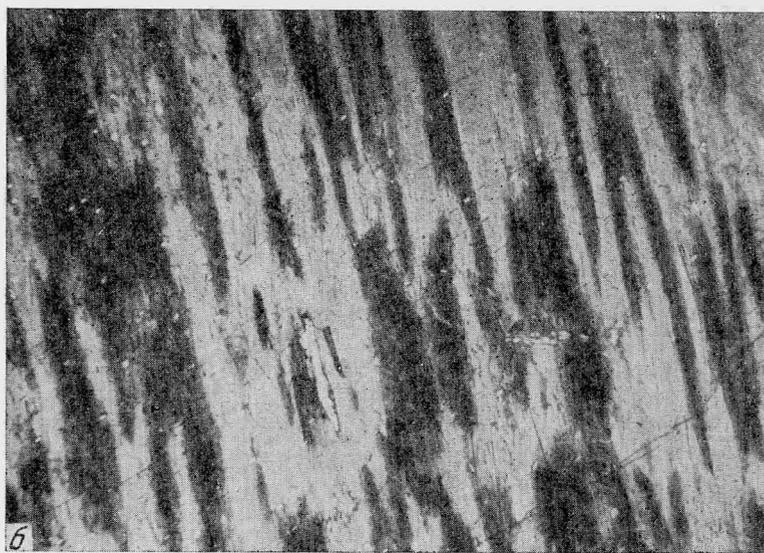


Рис. 2. Характер двойникования микроклинов. Николы скрещены, увел. 30

*a* — разрез  $\parallel (001)$ ; *b* — разрез  $\perp (001)$  и  $(010)$

теризуется углом  $\perp 010 : Ng = 19^\circ$  и  $(-)$   $2V = 88-89^\circ$  и, следовательно, является тищичным микроклином.

В таблице приводятся результаты определения щелочей методом фотометрирования пламени (аналитики Т. Г. Уварова и Г. Попова) и химического определения окисей бария, стронция и кальция (аналитик З. Т. Катаева). Эти определения показали, что прозрачные полевые шпаты содержат значительное количество натрия и бария. Их состав можно выразить в виде  $An_{0,0}Or_{68,3}Ab_{27,4}Cs_{4,3}$ .

Химический состав и оптические свойства калиевых полевых шпатов целочных пегматитов Инаглинского массива

Номер образца	Тип жил	Краткая макроскопическая характеристика	Содержания щелочных и щелочноземельных элементов							Краткая микроскопическая характеристика	(-) 2 V	A		B		L (010) : Ng	Погасание по (010)	Удельный вес
			K	Na	Rb	Cs	CaO	SrO	BaO			+λ	+φ	+λ	-φ			
41	Эккерманит-Полевошпатовый	Среднезернистый, светлый, желтовато-серый, мутный	11,31	1,39	0,011	0,0016	0,097	0,038	0,32	Монокристаллический, иногда сдвойникованный по карлсбадскому закону	56°	—	—	—	—	2?	—	—
5011	То же	Крупнозернистый, светло-серый, непрозрачный	—	—	0,004	Не опр.	—	—	0,31	Монокристаллический сильно пелитизированный	68	—	—	—	—	—	—	2,49
5002	Эгирин-эккерманит-полевошпатовый	Гигантозернистый, розовато-серый, прозрачный	9,45	2,42	0,013	0,0008	0,087	0,062	2,40	Монокристаллический, иногда на периферии замещается тонкосдвойникованным (рис. 1)	58,5	5	32	4	26	3	4,5	2,55
5012	То же	Гигантозернистый, серый, мутный с прозрачными участками	9,49	2,41	—	—	—	—	2,07	Мелкие реликты монокристаллического в массе, сдвойникового с переменными размерами неделимых	67—78	2	34	1,5	30	3,5	1,75	2,59
5013	»	Гигантозернистый, серовато-белый, непрозрачный	9,72	1,99	—	—	0,09	0,03	0,09	Сдвойникованный с отдельными реликтами монокристаллического, пертитовые вроски альбита	82—85	0	45	0	40	2	0	2,55
500 X	»	Гигантозернистый, белый, непрозрачный	13,41	0,53	0,01	Не опр.	0,09	0,02	0,09	Крупносдвойникованный без пертитовых вросков альбита (рис. 2, а, б)	88	—	—	—	—	19	—	2,50
5014	Пегматоидный сиенит	Крупнозернистый, светло-серый, непрозрачный	—	—	—	—	—	—	—	Мелкосдвойникованный с пертитовыми вросками альбита	69,4	7	35	8	35	1,5	7,5	

Крупносдвойникованный микроклин, не содержащий пертитовых вростков, содержит незначительное количество натрия и бария. Его состав может быть выражен, как  $\text{An}_{0,0}\text{Or}_{94,0}\text{Ab}_{6,0}$ .

Колебания в составе отражаются на удельном весе шпатов и на их показателях преломления. Так, если для прозрачных шпатов характерны удельный вес 2,55—2,59 и  $\text{Ng} = 1,529$ , то для белого крупносдвойникового микроклина, не содержащего пертитовых вростков, характерны удельный вес 2,50 и  $\text{Ng} = 1,522$ . Правда, в данном случае невозможна прямая интерпретация свойств шпатов по содержанию одного компонента, так как и барий, и натрий увеличивают эти константы.

Бреггер (Brögger, 1890) рассматривал моноклинные оптические монокристаллические шпаты щелочных пегматитов Южной Норвегии как криптосдвойникованный агрегат микроклина и альбита и установил постепенный переход от монокристаллического моноклинового криптосдвойникового полевого шпата к крупносдвойникованному, содержащему пертитовые вростки альбита, который он называл микроклин-микрпертитом.

По современным представлениям о природе калиево-натриевых полевых шпатов степень триклинности этих шпатов зависит от степени упорядоченности Al и Si в решетке шпата. Показателем упорядоченности калиевых полевых шпатов является увеличение величины  $2V$ , которая, как было показано работами А. С. Марфунина (1961), очень мало зависит от других факторов (содержание натриевого компонента и двойникования).

Степень триклинности всего криптосдвойникового блок-кристалла зависит, кроме упорядоченности, еще и от двойникования, в результате которого упорядоченный полевой шпат, состоящий, вероятно, из криптосдвойникованных триклиновых индивидов, может иметь суммарную псевдомоноклиновую ориентировку всего блок-кристалла.

Как мы видим, в случае наших пегматитов прозрачный полевой шпат, имеющий ориентировку, близкую к моноклиновой, представляет собой не сдвойникованный блок-кристалл микроклиновых индивидов, а, возможно, и криптосдвойникованный агрегат, но не микроклиновых индивидов, а промежуточных полевых шпатов, о чем говорит колебание  $(-)2V$  от  $58^\circ$  до  $78^\circ$ .

Таким образом, переход прозрачных оптически монокристаллических, близких к моноклинным, полевых шпатов в непрозрачные серовато-белые и белые триклинные микроклины происходит постепенно в результате упорядоченности этих шпатов, приводящей на определенной ступени к распаду оптически монокристаллического шпата на микросдвойникованный с альбитовой составляющей, представленной в виде пертитовых вростков (пертит распада).

Обобщая все сказанное выше, мы можем представить образование полевых шпатов жил второго типа следующим образом. При внедрении пегматитового расплава-раствора в дуниты прежде всего кристаллизовались неупорядоченные оптически монокристаллические моноклинные полевые шпаты, по своему составу в основном отвечающие составу внедрившегося расплава-раствора, исключая фермические компоненты.

В результате кристаллизации приконтактных частей жил внутри этих жил, благодаря защитной корке, а также значительному количеству щелочей и летучих, создались условия для медленной кристаллизации; в результате образовывались предельно упорядоченные микросдвойникованные полевые шпаты.

Растворы конечной стадии процесса, проникая по трещинам и интерстициям, воздействовали на уже выкристаллизовавшиеся массы полевых

шпатов (чему немало способствовала и внутрирудная тектоника), приводя к упорядочению периферические части кристаллов монокристаллических полевых шпатов. При этом натриевая составляющая все более и более обособлялась, сначала в виде пергитовых вростков, а затем образующая небольшие альбитовые гнезда. Барий, входящий в виде изоморфной примеси в калиевую составляющую неупорядоченных полевых шпатов, не входит в упорядоченный микроклин, что обуславливает выпадение Ва-Тi-силикатов в зоне замещения оптически монокристаллического полевого шпата сдвойникованным микроклином.

Что касается полевых шпатов жил первого типа, то они под микроскопом представляют собой зернистую массу из овальных оптически монокристаллических зерен, лишь иногда сдвойникованных по карлсбадскому закону. По результатам определения оптической ориентировки ортоскопическим методом можно говорить о чрезвычайно малом отклонении этой ориентировки от моноклинной  $\perp (010)$ :  $Ng = 2-3^\circ$ ,  $(- )2V = 56^\circ$  для мелкокристаллического полевого шпата и  $(- )2V = 68^\circ$  — для крупнокристаллических участков.

Таким образом, полевые шпаты первого типа имеют почти моноклинную оптическую ориентировку и угол  $2V$ , характерный для ортоклазов. Что касается химического состава полевых шпатов жил первого типа, можно говорить об обеднении этих монокристаллических шпатов натрием и барием по сравнению с монокристаллическими шпатами жил второго типа. Недонасыщенность натрием характерна и для другого породообразующего минерала этих жил — эккерманита (эккерманит жил второго типа содержит 6,8% натрия, эккерманит жил первого типа — лишь 4,6% натрия).

В заключение выражаем глубокую благодарность А. С. Марфунину за помощь, оказанную при выполнении данной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- В л а с о в К. А., К у з ь м е н к о М. В., Е с ь к о в а Е. М. Ловозерский щелочной массив. Изд-во АН СССР, 1959.
- М а р ф у н и н А. С. Зависимость оптической ориентировки кали-натриевых полевых шпатов от различных факторов. — Изв. АН, серия геол., № 2, 1961.
- С о л о д о в н и к о в а Л. Л. Полевые шпаты Кукисвумчоррского апатитового месторождения. В кн.: «К минералогии постмагматических процессов». Изд. ЛГУ, 1959.
- B r ö g g e r W. C. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der süd-norwegischen Augit- und Nephelinsienite. — Zeitschr. für Kristall und Min., Bd. 16, 1890.