

КАЛИЕВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ

Детальное изучение калишпатов различного генезиса (из эффузивных, субэффузивных, интрузивных и метасоматических образований), выделение их структурно-оптических типов, установление закономерностей распределения этих типов дает богатый материал для характеристики каждой выделенной формации, позволяет наметить дополнительные критерии их отличий. Рассмотрение выделяемых типов калиевых полевых шпатов в качестве «упорядочивающихся серий» (Марфунин, 1962) позволяет проследить характер эволюции этого минерала на фоне общей эволюции выделенного формационного ряда.

Методика исследования

В настоящее время А. С. Марфуниным (1962) детально разработана методика оптического изучения калиевых полевых шпатов в ориентированных шлифах. Однако она не применима при массовых замерах оптической ориентировки в средне- и мелкозернистых разностях пород. Поэтому пришлось использовать методику замеров оптических констант в обычных шлифах на столике Федорова. Было проведено около 1200 определений углов оптических осей ($2V$) калишпатов из различных пород для всех изученных магматических формаций. Минимальное количество замеров для одной разности пород принято равным 30 (в некоторых случаях оно достигало 40—50).

На основании полученных результатов построены вариационные кривые распределения $2V$ калишпатов (рис. 13—20). Для устранения случайных ошибок измерения значения $-2V$ объединены поинтервально через 3° . Величина $-2V$ измерялась исключительно по двум выходам. На основании повторных независимых определений на одном и том же зерне точность определения угла оптических осей по двум выходам принимается равной $2-3^\circ$.

Было сделано также около 400 измерений ориентировки оптической индикатриссы в калишпатах. Результаты этих измерений нанесены на палетки А. С. Марфунина [$-2V - \hat{\ } (001) < Nm$], дающие соотношения молекул $Or-Ab$ в криптопертитах. Так как точность таких определений в неориентированных шлифах невелика, они использовались лишь для весьма общих качественных сравнений составов криптопертитов.

Приведено также 3 полных химических анализа и 4 анализа калишпатов на содержание Na_2O , K_2O и CaO . На основании этих анализов рассчитаны формулы минералов и проведено их сопоставление на тройной диаграмме альбит — анортит — ортоклаз Ф. Тернера и Дж. Ферхугена (1961).

Результаты наблюдений

Формация габбро-плагиогранитов

Калиевые полевые шпаты этой формации изучались на примере двух массивов: двухфазового массива верховьев ручья Кагнисин и однофазового массива верховьев р. Средней Воровской.

Кагнисинский массив. Калишпат в I фазе встречается в отдельных наиболее кислых (кварцевые диориты) эндоконтактовых разностях, где он составляет до 5—7% породы. Единичные зерна этого минерала были обнаружены также в отдельных шлифах из центральных частей массива (также в кварцевых диоритах). Размер резко выраженных крупных зерен до 1—1,2 мм, обычны же агрегаты мелких зерен — от 0,1 до 0,3 мм. Нередко встречаются оторочки калишпата вокруг зерен плагиоклаза, часто он выполняет интерстиции и образует микропегматитовые сростки с кварцем. Для многих зерен наблюдается неясноволнистое угасание. Точечные (либо в виде редких узких полосок) криптопертиты развиты не повсеместно. Мелкие зерна обычно их не содержат. В кристаллах калишпата криптопертиты распространены беспорядочно. На границе альбитизированного плагиоклаза с калишпатом в первом иногда образуются червообразные вроски мирмекитов.

Во II фазе калиевый полевой шпат является распространенным породообразующим минералом. В биотит-амфиболовых и биотитовых гранодиоритах его содержание достигает 15—20%, в биотитовых гранитах и плагиогранитах оно колеблется от 30 до 0%. Количество этого минерала резко увеличивается в области пологих контактов, в апикальных

частях массивов, а также вблизи крупных ксенолитов, где он образует монзонитовые структуры. Встречается он в виде резко ксеноморфных либо грубоидиоморфных кристаллов размером от 0,3—0,5 до 1—1,5, реже до 1,8—2,5 мм, располагаясь в интерстициях или цементируя ранее выделившиеся минералы. В гранитах часто встречаются графические структуры взаимного прорастания калишпата и кварца. Крипто- и микропертиты в виде тонких субпараллельных полосок и волокон [чаще по (010)] развиты во многих зернах минерала. Определение состава плагиоклаза микропертитов в калишпате гранодиоритов дало значения № 22—24. Мирмекиты довольно обычны.

В биотитовых гранитах массива существует две резко различных генерации калиевого полевого шпата. Калишпат I генерации либо образуется в интерстициях, либо дает цементирующие агрегаты. Для него характерно наличие пертитов, тонких и грубых: образуется он раньше или одновременно с кварцем. Калишпат II генерации имеет резко ксеноморфные очертания и коррозионные границы с ранее образовавшимися минералами. Интересной особенностью является то, что он содержит включения уже измененных вторичными процессами минералов (биотит, плагиоклаз и др.), тогда как сам он не изменен. Для калишпата этой генерации характерно почти полное отсутствие пертитов, и образуется он позже или одновременно с кварцем.

Таким образом, если калишпат I генерации завершает процесс магматической кристаллизации, то калишпат II генерации является уже наложенным постмагматическим.

Массив в районе р. Средней Воровской. Калиевый полевой шпат гранодиоритов и гранитов главной интрузивной фации этого массива (дифференцированного в интрузивной камере) по своей морфологии и распространению практически не отличается от калишпата кварцевых диоритов I фазы и гранодиоритов II фазы массива в верховьях ручья Кагнисин.

Жилы I этапа (биотитовые и двуслюдяные граниты) и жилы-эпофизы (биотитовые гранодиориты) второй фазы формации габбро-плагиогранитов содержат от 3—5 до 20—30% калишпата. Для этого этапа наиболее характерно образование калиевого полевого шпата II генерации (обычно он встречается в центральных частях жил). Калишпат I генерации в незначительном количестве имеется в эндоконтактовых частях жил. В общих чертах морфология этого минерала в жильных образованиях и в соответствующих разностях главной интрузивной фации сходна. Отличительной особенностью является наличие сдвойникованных и зональных лейст и призматических форм кристаллов калишпата в жильных образованиях.

Результаты массовых замеров $-2V$ калишпатов описываемой формации представлены в табл. 8 и на диаграммах (рис. 13 и 14). Форма вариационных кривых углов оптических осей обычно сложная с несколькими максимумами. При рассмотрении табл. 8 видно, что большинство максимумов $-2V$ калишпатов для различных образований формации имеют унаследованный характер и располагаются в области значений: 51,5—60,5°.

Главные максимумы $-2V$ калишпатов кварцевых диоритов I фазы (массив в верховьях ручья Кагнисин) и жил гранитов массива в районе р. Средней Воровской совпадают и располагаются в интервале 51,5—54,5°.

Совпадают также главные максимумы $-2V$ калишпатов гранодиоритов, гранитов и жил I этапа массива в районе р. Средняя Воровская и биотитовых гранодиоритов массива у ручья Кагнисин в интервале 57,5—60,5°. В том же интервале располагаются второстепенные максимумы $-2V$ калишпатов кварцевых диоритов I фазы и биотитовых

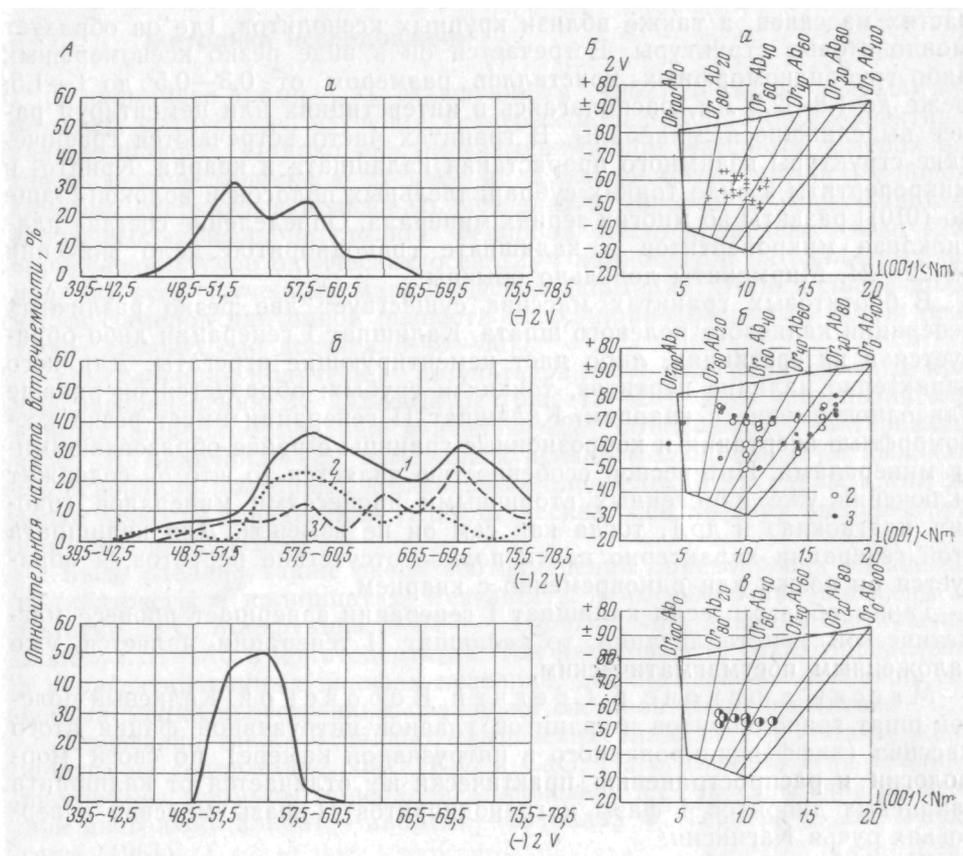


Рис 13. Вариационные кривые (А) углов оптических осей ($-2V$) и диаграммы составов (Б) калиевых полевых шпатов в массиве ручья Кагнисин (формация габбро-плагиогранитов, Cr_2-Pg)

а — I фаза, кварцевые диориты (32 замера $-2V$ и 20 замеров оптической ориентировки); б — II фаза: 1 — породы II фазы в целом, 2 — биотитовые гранодиориты, 3 — биотитовые граниты (65 замеров $-2V$ и 36 замеров оптической ориентировки); в — жильные породы I этапа II фазы (20 замеров $-2V$ и 8 замеров оптической ориентировки)

гранитов II фазы массива в верховьях ручья Кагнисин. Главный максимум $-2V$ калишпатов из биотитовых гранодиоритов жил-апофиз массива у ручья Кагнисин лежит в интервале $54,5-57,5^\circ$. Другая серия максимумов располагается в области значения $-2V = 63,5-72,5^\circ$. Сюда попадают второстепенные максимумы для калишпатов из гранодиоритов и гранитов обоих массивов, а также главный максимум ($69,5-72,5^\circ$) для калишпатов из биотитовых гранитов массива у ручья Кагнисин.

Калиевые полевые шпаты биотитовых гранитов с $-2V = 57,5-60,5^\circ$ относятся к I генерации (позднемагматической), а с $-2V = 69,5-72,5^\circ$ — к II генерации (постмагматической). Таким образом, область значения $-2V = 63,5-69,5^\circ$ характеризует переход от калишпатов позднемагматического к калишпатам постмагматического этапа. Анализ изменения $-2V$ в пределах одного кристалла калишпата в различных образованиях формации приводит к следующим выводам. Угол оптических осей центральных частей зерен калишпатов для I фазы формации в ряде случаев на $5-7^\circ$ больше, чем периферических. (Так же, как для крупных зерен по отношению к мелким.) Для калишпатов II фазы изменение $-2V$ в пределах одного зерна скорее зависит от степени его пелитизации. Чистые участки зерна имеют угол $-2V$ на $7-8^\circ$

Распределение углов оптических осей ($-2V$) калиевых полевых шпатов в различных формациях магматических пород Центральной Камчатки

Породы		Формация габбро-плагиогранитов															Число замеров		
		Высокий ортоклаз-криптопертит									Промежуточный ортоклаз-микропертит								
							I a				I б			II					
		33,5—36,5°	36,5—39,5°	39,5—42,5°	42,5—45,5°	45,5—48,5°	48,5—51,5°	51,5—54,5°	54,5—57,5°	57,5—60,5°	60,5—63,5°	63,5—66,5°	66,5—69,5°	69,5—72,5°	72,5—75,5°	75,5—78,5°		78,5—81,5°	
Массив р. Боровской	Гранодиориты, граниты					5,0	5,0	7,5	12,5	35,0	7,5	20,0	2,5	5,0				40	
	Жилы I этапа					2,8	2,8	27,7	5,6	27,7	11,1	11,1	5,6	2,8	2,8			36	
Массив р. Кагнисин	I фаза	кварцевые диориты						12,5	31,3	18,8	25,0	6,2	6,2					32	
		биотитовые гранодиориты					3,0	3,0	—	18,2	24,2	15,2	6,1	12,1	6,1	—	6,1	6,0	33
	II фаза	биотитовые граниты					3,1	6,2	6,2	12,5	3,1	15,7	9,4	25,1	12,5	6,2		32	
	Жилы I этапа							45	50	5								20	
Всего																	193		
		Формация габбро-сиенитов-трахиандезитов																	
		Высокий ортоклаз-криптопертит									Промежуточный ортоклаз-криптопертит			Промежуточный ортоклаз-микропертит					
							I				II			III					
Эффузивная фация	трахиандезиты								3,6	17,9	14,3	28,5	21,4	10,7	3,6			28	
	шонкиниты с эпидейцитом			2,7	5,4	10,8	24,4	8,1	16,2	16,2	8,1	8,1						37	
	пироксен-ортоклазовые шонкиниты						9,4	31,2	34,4	12,5	9,4	3,1						32	
Массив р. Озерная Камчатка	монзониты					6,7	26,7	33,2	26,7	6,7								30	
	метасоматически измененные габбро			3	12,1	18,2	18,2	27,2	15,2	6,1								33	
Массив р. Евсейчики	сиениты								7,1	53,7	32,1	7,1						28	
	монзониты					9,1	15,2	30,3	33,3	9,1	3							33	
	метасоматически измененные габбро				3,2	3,2	22,5	32,3	32,3	6,5								31	
	жилы I этапа						3,3	33,4	30,0	16,7	10,0	3,3		3,3				30	
Массив р. Кувагдач	сиениты												6,5	38,7	41,9	12,9		31	
	кварцевые диориты												19,4	48,3	32,3			31	
Массив р. Левая Андриановка	сиениты												9,4	18,8	37,4	34,4		32	
	метасоматически измененные пироксениты									11,8	52,9	35,3						34	
	жилы I этапа								22,6	19,4	3,2	9,7	12,9	3,2	16,1	12,9		31	
Р-н перевала Кирганицкого	Метасоматиты краевой фронт												13,3	56,7	16,7	13,3		30	
	средняя зона						2,8	13,9	—	13,9	19,4	27,8	—	8,3	8,3	5,6		36	
	средняя зона, прожилки						5,1	7,7	15,4	10,3	28,1	7,7	15,4	7,7	2,6			39	
	центральная зона						20,0	20,0	23,2	13,3	13,3	10,0						30	
	центральная зона, прожилки						17,1	37,1	28,6	8,6	5,7	2,9						35	
Всего																	638		
		Формация габбро-гранодиоритов																	
		Высокий ортоклаз-криптопертит																	
							I a				I б								
Массив р. Кенсол	I фаза	габбро-диориты			29,0	51,6	12,9	6,5										31	
		гранодиориты, граниты			9,7	38,7	41,9	9,7											31
	II фаза	аплиты					12,9	54,8	25,8	6,5									31
Массив водораздела рек Юртинная и Утудумец	I фаза	габбро, габбро-диориты	2,3	6,8	40,9	25	6,8	6,8	6,8	2,3	2,3							44	
		гранодиориты				11,1	16,8	33,3	19,4	11,1	8,3								36
	II фаза	граниты			2,9	—	17,6	29,5	17,6	26,5	5,9								34
		жилы гранодиоритов				13,4	13,4	53,2	13,4	6,6									15
	жилы гранитов				18,2	6,1	24,2	6,1	30,3	12,1	3,0								33
	жилы аплитов и пегматитов			2,4	19,5	9,8	7,3	14,6	14,6	17,1	9,8	4,9							41
Массив ключа Начального	диориты, гранодиориты		2,8	19,2	16,6	5,6	5,8	27,8	—	8,4	5,6	8,4						18	
	Всего																314		
		Формация гранодиорит-порфиров-дацитов																	
		Высокий ортоклаз-криптопертит																	
							I a				I б								
Массив р. Касанги	порфировидные гранодиориты			23	20,5	7,7	20,5	2,6	10,3	5,1	2,6	5,1	2,6					39	
	резко порфировидные граниты		2,3	16,3	7,0	11,6	14,0	2,3	9,3	11,6	11,6	14,0						43	
	жилы порфировидных гранитов				4	12	16	—	36	12	12	4	4					25	
Всего																	107		

Примечания. 1. Количество замеров $-2V$ в каждом интервале дано в процентах от общего числа замеров.2. В таблице сплошной линией выделены главные максимумы значений $-2V$, пунктирной — второстепенные.

(иногда до 10°) меньше, чем пелитизированные. В районе р. Средняя Воровская были сделаны следующие наблюдения за характером изменения $-2 V$ калишпатов из жил гранитов массива: центральная часть зерна 67° — периферия 58° (среднее зерно); $71 \times 63^\circ$ (крупное зерно); $59 \times 67^\circ$ (мелкое зерно); $60 \times 52^\circ$ (среднее зерно); $60 \times 54^\circ$ (среднее зерно); $75 \times 61^\circ$ (крупное зерно).

Анализируя диаграммы составов калиевых полевых шпатов ($\pm 001 < N$) из различных образований формации (см. рис. 13 и 14), можно сделать вывод о том, что при переходе от начальных к конечным членам дифференциации эволюция калишпатов идет в сторону увеличения натровости. Интересно отметить также, что калишпаты I и II генераций биотитовых гранитов имеют различные, четко выраженные поля составов.

В целом для формации калиевый полевой шпат слабо затронут вторичными процессами изменения. Несколько сильнее пелитизирован калишпат гранодиоритов — гранитов массива в верховьях р. Средняя Воровская.

Характерной калишпатсодержащей парагенетической ассоциацией для пород I фазы является плагиоклаз № 23—27 + калишпат ($-2 V = 51,5-54,5^\circ$) + кварц. II фазе присуща следующая ассоциация: плагиоклаз № 21—24 + калишпат ($-2 V = 57,5-60,5^\circ$) + биотит + кварц для калиевого полевого шпата I генерации и ассоциация плагиоклаз № 12—18 + (калишпат $-2 V = 69,5-72,5^\circ$) + кварц для калиевого полевого шпата II генерации.

По своим оптическим свойствам калиевый полевой шпат формации габбро-плагиогранитов относится к типу: высокий ортоклаз — криптопертит (по А. С. Марфунину). Причем здесь можно выделить два под-типа: со значениями $-2 V$ в интервале $51,5-54,5^\circ$ и $57,5-60,5^\circ$ (см. табл. 8). Исключение составляет калишпат II генерации биотитовых

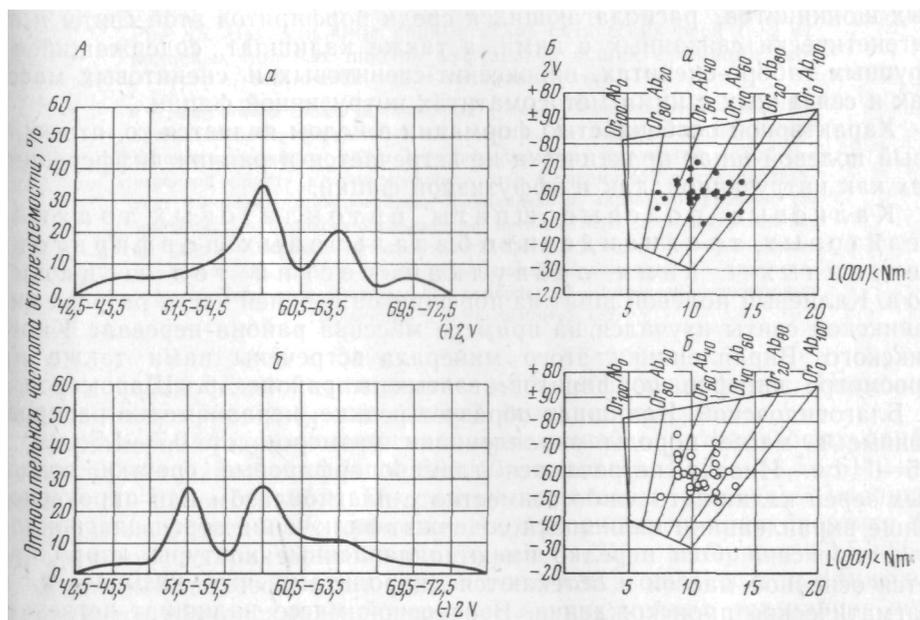


Рис. 14. Вариационные кривые (А) углов оптических осей ($-2 V$) и диаграммы составов (Б) калиевых полевых шпатов массива в районе р. Средняя Воровская (формация габбро-плагиогранитов, $Cr_2 - Pg$)

a — гранодиориты и граниты главной интрузивной фации (40 замеров $-2V$ и 26 замеров оптической ориентировки), *б* — жилы биотитовых и двуслюдяных гранитов (36 замеров $-2 V$ и 26 замеров оптической ориентировки)

гранитов, который относится к промежуточному ортоклазу-микропертиту, по А. С. Марфунину.

Таким образом, можно отметить следующие характерные особенности калиевых полевых шпатов формации габбро-плаггиогранитов.

1. Проявление двух структурно-оптических типов: в интервале значений $-2 V=51,5-60,5^\circ$ и $-2 V=69,5-72,5^\circ$. С первым из них связан калишпат позднемагматического, а со вторым в основном постмагматического генезиса.

2. Внутри одной разности пород для калишпатов более поздних генераций проявляется тенденция к уменьшению углов оптических осей. В этом отношении интересен тот факт, что главные характерные максимумы $-2 V$ этого минерала в жилах I этапа сдвигаются в сторону меньших углов по сравнению с соответствующими образованиями главной интрузивной фации.

3. Минимальные значения углов оптических осей $-2 V=51,5-54,5^\circ$ имеют калиевые полевые шпаты эндоконтактовой фации I фазы и жил гранитов I этапа. При переходе от I ко II фазе пород массива у ручья Кагнисин происходит возрастание углов $-2 V$ калишпатов.

4. Эволюция калишпата во времени идет в сторону увеличения его натровости.

5. Для калишпатов I фазы характерны следы протокатаклаза и грануляции.

Формация габбро-сиенитов — трахиандезитов

В породах этой формации калиевые полевые шпаты представлены наиболее широко. В эффузивной фации они изучены в ортоклазовых трахиандезитовых и трахиандезито-базальтовых порфиритах верхов кирганикской свиты. Большой интерес вызывает калишпат мелких субвулканических интрузивных тел пироксен-ортоклазовых и эпилейцитовых шонкинитов, располагающихся среди порфиритов этой свиты и парагенетически связанных с ними, а также калишпат, содержащийся в крупных габбро-сиенитах, пироксенит-сиенитовых и сиенитовых массивах и связанных с ними метасоматитах интрузивной фации.

Характерной особенностью формации в целом является то, что калиевый полевой шпат практически не встречается в ранних дифференциатах как интрузивной, так и эффузивной фаций.

Калиевые полевые шпаты ортоклазовых трахиандезитовых, трахиандезито-базальтовых порфиритов и связанных с ними с у б в у л к а н и ч е с к и х тел шонкинитов. Калиевый полевой шпат из порфиритов верхней части разреза кирганикской свиты изучался на примере массива района перевала Кирганикского. Вкрапленники этого минерала встречены нами также при просмотре шлифов порфиритов, взятых в районе р. Шаромской и р. Благовидовской. Калишпат образует редкие, неравномерно распределенные в массе породы вкрапленники размером от (5,7—1,5 мм до 0,5—1 см. Иногда встречаются гломеропорфиновые сростки отдельных зерен калишпата либо совместно с плаггиоклазом или пироксеном. Чаще вкрапленники калишпата содержат включения зерен плаггиоклаза или пироксена. Они нередко имеют оплавленные контуры, корродируются основной массой и обтекаются микролитами, что указывает на их магматическое происхождение. В основной массе калишпат встречается в виде мелких (0,08—0,15 мм), хорошо ограненных, линейно ориентированных микролитов, чаще фиксируются ксеноморфные его образования, а иногда — радиально-лучистые сростки. Калишпат вкрапленников нередко содержит беспорядочно расположенные точечные (реже линейно вытянутые) криптопертиты. Зональное строение не отмечается, иногда встречаются двойники по карлсбадскому закону.

Массовые замеры углов оптических осей ($-2 V$) калишпатов вкрапленников дают характерный максимум значений в интервале $63,5-66,5^\circ$ (рис. 15 и табл. 8). Величина $-2 V$ обычно не меняется по площади одного зерна. В редких случаях отмечается уменьшение значений $-2 V$ на $5-6^\circ$ в периферической его части. $-2V$ калишпатов микролитов замеры не удалось, ввиду малых размеров зерен. Калишпаты вкраплен-

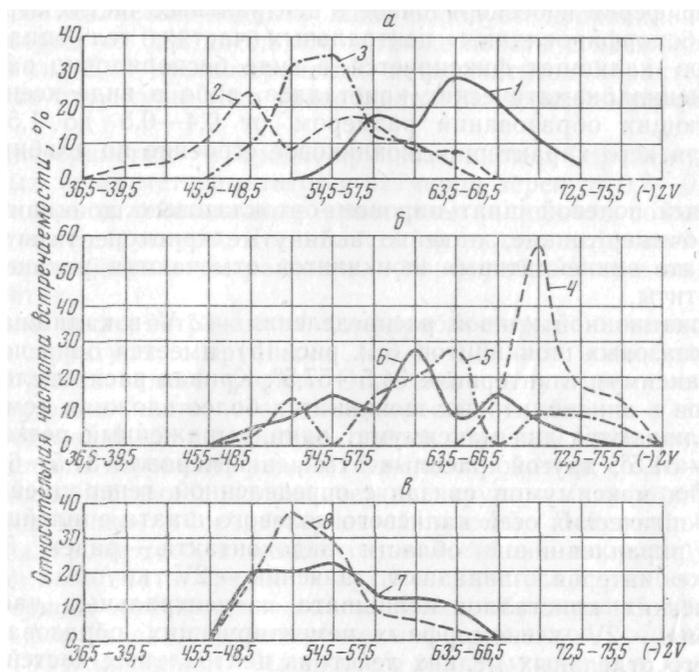


Рис. 15. Вариационные кривые углов оптических осей ($-2 V$) калиевых полевых шпатов эффузивной фации формирования габбро-сиенитов — трахиандезитов (Pg)

а — эффузивная фация и связанные с ней субвулканические тела: 1 — ортоклазовые трахиандезиты (28 замеров), 2 — порфириовидные эпилейцитовые шонкиниты (37); 3 — порфириовидные шонкиниты (32); *б* — «краевой фронт» и промежуточная зона метасоматоза в трахиандезитах: 4 — калишпатизированные трахиандезиты «краевого фронта» (30 замеров), 5 — пироксен-ортоклазовые метасоматиты промежуточной зоны (36), 6 — пироксен-ортоклазовые прожилки в метасоматитах промежуточной зоны (39); *в* — центральная зона метасоматоза: 7 — пироксен-ортоклазовые метасоматиты (20 замеров), 8 — пироксен-ортоклазовые прожилки в метасоматитах (35)

никоз довольно слабо пелитизированы и альбитизированы. Несколько больше пелитизированы калишпаты основной массы.

Характерной парагенетической ассоциацией в ортоклазовых порфиритах является плагиоклаз № 36—40 + пироксен ($2 V = 58,5-61^\circ$) + калишпат ($-2 V = 59-65^\circ$). По своим оптическим свойствам калишпат порфиритов относится к промежуточному ортоклазу-криптопертиту (по Марфунину) с характерным максимумом $-2V$ в интервале $63,5-66,5^\circ$.

Калиевый полевой шпат пироксен-ортоклазовых и эпилейцитовых шонкинитов изучался на примере нескольких мелких тел района перепала Кирганикского, а также водораздела рек Жупанки и Андриановки. Содержание в них калишпата колеблется от $5-10$ до $20-30\%$. В шонкинитах ксеноморфные, реже призматические образования калишпата размером от $0,5-0,7$ до $1-1,2$ мм заполняют промежутки между крупными зернами пироксена.

Интересна морфология этого минерала в эпидейцитовых шонкинитах. В резко порфиroidной области эндоконтакта отмечаются отдельные скопления — агрегаты (от 2—3 до 4 мм) тесно сросшихся кристаллов калишпата размером от 0,3—0,4x0,1—0,2 до 1,3—1,6x0,2—0,3 мм. Сами агрегаты либо имеют форму восьмиугольников, либо округлые или овальные. Характерным является расположение кристаллов радиальное по периферии и беспорядочное в центральных частях агрегатов.

В слабопорфиroidных центральных частях тел эпидейцитовых шонкинитов калишпат фиксируется в виде беспорядочно расположенных удлиненопризматических кристаллов, либо в виде ксеноморфных цементирующих образований размером от 0,4—0,5 до 1,5—2x0,3—0,5 мм. Для него характерно двойниковое строение по альбитовому закону.

Калиевый полевой шпат пироксен-ортоклазовых шонкинитов содержит одиночные, тонкие, линейно вытянутые криптопертиты по (001). В калишпате эпидейцитовых шонкинитов отмечаются редкие точечные криптопертиты.

На вариационной кривой распределения $-2V$ в калишпатах пироксен-ортоклазовых шонкинитов (см. рис. 15) имеется один четко выраженный максимум в интервале $54,5—57,5^\circ$. Кривая распределения $-2V$ калишпатов в эпидейцитовых шонкинитах более сложная (см. рис. 15). Здесь наблюдаются два максимума: один, выраженный резко, в интервале $48,5—51,5^\circ$, другой, расплывчатый, в интервале $54,5—60,5^\circ$. Каждый из этих максимумов связан с определенной генерацией калишпатов. Угол оптических осей калиевого полевого шпата эпидейцитов и отдельных вкрапленников области эндоконтакта — равен $54,5—60,5^\circ$. В этот же интервал попадают значения $-2V$ крупных удлиненопризматических кристаллов калишпата из центральных частей тела.

Значения $-2V$ ксеноморфных цементирующих образований калишпата и его отдельных мелких лейт из центральных частей тела колеблются в пределах $48,5—51,5^\circ$. Таким образом, для поздней генерации этого минерала в эпидейцитовых шонкинитах наблюдается уменьшение угла оптических осей в среднем на $7—8^\circ$. В отдельных зональных зернах калишпата отмечается также уменьшение от центра к периферии угла оптических осей на $6—7^\circ$.

Характерной парагенетической ассоциацией в пироксен-ортоклазовых шонкинитах является: пироксен ($+2V = 57,5—58,5^\circ$) + калишпат ($-2V = 54,5—57,5^\circ$).

По оптическим свойствам калиевый полевой шпат рассматриваемых образований относится к высокому ортоклазу—криптопертиту, по классификации А. С. Марфунина. Таким образом, рассматривая совместно диаграммы распределения $-2V$ калишпатов порфиритов и парагенетически связанных с ними пластовых тел и учитывая приведенный фактический материал, можно сделать следующие выводы.

1. Если рассматривать последовательно калишпат ортоклазовых трахиандезитовых порфиритов, резко порфиroidных эндоконтактных зон субвулканических тел эпидейцитовых шонкинитов, а затем слабопорфиroidных и равномернозернистых центральных зон тех же тел (согласно возрастной последовательности этих сближенных по времени и условиям образования проявлений), то отчетливо фиксируется уменьшение углов его оптических осей от $-63,5—66,5^\circ$ до $-54,5—60,5^\circ$ и, наконец, до $-48,5—51,5^\circ$ соответственно.

2. Внутри одной разности пород для калишпатов более поздних генераций также проявляется тенденция к уменьшению углов оптических осей.

3. Характерно наличие парагенетических ассоциаций калиевого полевого шпата с пироксеном.

Калиевые полевые шпаты пироксен - к алишпатовых метасоматитов в трахиандезитовых порфиритах кирганикской свиты. Эти калишпаты изучались на примере района перевала Кирганикского (Флеров, Колосков, 1966; Вольнец и др., 1963).

Содержание калишпата в метасоматитах колеблется от 20—30 до 80%, составляя в среднем около 50%. По оптическим свойствам, форме и размерам выделений различается несколько его генераций. В мелкозернистых разностях метасоматитов так называемого краевого фронта метасоматоза калиевый полевой шпат образует неправильной формы зерна размером от 0,02 до 0,1 мм, а также лейсты с извилистыми, равными краями. Для мелкозернистых метасоматитов характерны метаморфические структуры типа гранобластовой, ксенобластовой, бластоофитовой.

В среднезернистых и средне-крупнозернистых промежуточных и центральных зонах метасоматитов с размером зерен от 0,2—0,5 до 1 мм ксенобластовые и лейстовидные кристаллы калишпата создают также ксенобластовые структуры. Ксенобласты ортоклаза величиной 1—2,5 мм образуют крупнозернистые разности и порфиробластовые выделения в метасоматитах.

Довольно часто встречаются порфиробластовые и гигантопорфиробластовые структуры с крупными (до 1—1,5 см) новообразованиями калишпата лейстовидной формы. Описанные структуры сменяют одна другую настолько часто, что можно проследить все их разнообразие, даже в пределах 1—2 шлифов из одного образца. Грани порфиробластов калишпата неровные, рваные. Взаимоотношения со всеми описанными разновидностями довольно четкие: крупные порфиробласты цементируются мелко- и среднезернистой массой. Лейстообразные порфиробласты, кроме того, в незначительной степени корродируются ксенобластами калишпата средне- и крупнозернистого строения.

Характерной особенностью описываемых образований является наличие большого числа метасоматических прожилков, содержащих от 70—80 до 100% калишпата. Чаще всего они приурочены к центральным зонам; морфология некоторых прожилков довольно сложная; они содержат калиевые полевые шпаты разных генераций.

В крупных ксенобластах и порфиробластах калиевого полевого шпата широко развиты микро- и криптопертиты, в мелких выделениях этого минерала они встречаются реже. Замеры основности микропертитов дали значения плагиоклаза № 6—8. Очень многие кристаллы калишпата промежуточной и особенно центральной зоны метасоматитов sdвойникованы по альбитовому закону и несут следы катаклаза.

Результаты массовых замеров $-2V$ калишпатов из различных зон метасоматитов отображены на диаграммах (см. рис. 15) и в табл. 3. Калишпаты «краевого фронта» метасоматоза имеют один четко выраженный максимум ($-2V = 69,5-72,5^\circ$). Калишпаты промежуточной зоны характеризуются тремя максимумами $-2V$ в интервалах $51,5-54,5^\circ$; $63,5-66,5^\circ$ (резко выраженные) и $69,5-75,5^\circ$ (несколько расплывшийся). $-2V$ крупных порфиробластов (лейстообразные кристаллы) калишпата равен $71-76^\circ$. В крупнозернистых ксенобластах этого минерала $-2V = 63-66^\circ$ и, наконец, средне- и мелкозернистые образования этой зоны характеризуются значениями $-2V = 53-55^\circ$. Для калишпатов центральной зоны метасоматоза отмечается один четко выраженный максимум ($-2V = 54,5-57,5^\circ$). Здесь встречаются в основном среднезернистые ксенобласты. Калиевый полевой шпат из прожилков промежуточной зоны также имеет три максимума значений $-2V$: в интервале $66,5-69,5^\circ$; $60,5-63,5^\circ$ (главный максимум сдвинут в сторону меньших углов по сравнению с главными максимумами $63,5-66,5^\circ$ вмещающих метасоматитов) и $54,5-57,5^\circ$.

В прожилках центральной зоны метасоматоза калишпат имеет один четко выраженный максимум $-2V$, равный $51,5-54,5^\circ$ (также сдвинут в сторону меньших углов по сравнению с максимумом $54,5-57,5^\circ$ вмещающих метасоматитов). При этом значения $-2V$ порфиروبластов калишпатов из зальбандов прожилков максимальные. Так, для сложного прожилка из промежуточной зоны $-2V = 67-73^\circ$, для крупных ксенобластов калишпата центральной части того же прожилка $-2V = 62-65^\circ$, а для мелких цементирующих кристаллов $-2V = 51-56^\circ$.

Из вторичных минералов по калиевому полевому шпату интенсивно развивается мелкочешуйчатый агрегат каолинита (пелитизация), карбонат, иногда серицит.

Калишпаты метасоматитов существенно калиевые. Судя по химическому анализу (см. рис. 22, № 3), содержащие ортоклазовой молекулы в калишпате из промежуточной зоны метасоматоза достигает 83,7%.

Характерными парагенетическими ассоциациями для пород зон метасоматоза являются: 1) центральная — калишпат ($-2V = 54,5-57,5^\circ$) + пироксен ($+2V = 60,5-62,5^\circ$) + биотит; 2) промежуточная — калишпат ($-2V = 61,5-66,5^\circ$) + пироксен ($+2V = 59-62^\circ$) + биотит; 3) «краевого фронта» — калишпат ($-2V = 69,5-72,5^\circ$) + биотит.

Таким образом, в зонах метасоматоза встречается калишпат, относящийся к различным структурно-оптическим типам. Для первого типа характерны максимумы $-2V$ в интервале $69,5-75,5^\circ$; к нему относятся все калишпаты «краевого фронта» метасоматоза, а также часть калишпатов промежуточной зоны. По А. С. Марфунину, это промежуточный ортоклаз — микропертит. Ко второму типу (характерные максимумы $-2V$ лежат в интервале $60,5-66,5^\circ$) относятся около 50% калишпатов промежуточной зоны метасоматоза. По А. С. Марфунину, это промежуточный ортоклаз — криптопертит. И, наконец, к третьему типу, максимумы в пределах $51,5-54,5^\circ$, относится большинство калишпатов центральной зоны и часть — промежуточной. Это, по А. С. Марфунину, высокий ортоклаз — криптопертит.

Рассматривая особенности морфологии и оптики калиевых полевых шпатов метасоматитов, можно прийти к следующим выводам.

1. Калишпаты представлены тремя структурно-оптическими типами.

2. В пределах одной зоны метасоматоза в калишпатах более поздних генераций проявляется тенденция к уменьшению углов оптических осей.

3. Значения углов $-2V$ калишпатов центральной и промежуточной зон метасоматоза, находящихся в парагенезисе с пироксеном, меньше, чем углов калишпатов «краевого фронта», для которых такой парагенезис не отмечается.

4. Калиевые полевые шпаты рассматриваемых образований имеют двойниковоое строение и несут на себе следы катаклаза.

Калиевые полевые шпаты габбро-сиенитовых, пироксенит-сиенитовых и сиенитовых массивов связанных и связанных с ними метасоматитов. Существенно различаются калишпаты сложных, дифференцированных массивов (фазы сиенитов, габбро или пироксенитов пространственно совмещены) и простых, недифференцированных массивов сиенитов.

Калишпаты простых, недифференцированных массивов сиенитов изучены в бассейне рек Левая Андриановка и Кувагдач. Эти массивы представлены кварцевыми сиенитами, реже амфиболовыми кварцевыми диоритами (последние приурочены к области эндоконтакта). Сиениты содержат от 30 до 40% калишпата, кварцевые диориты — 10—15%.

Кварцевые сиениты и кварцевые диориты бассейна р. Кувагдач содержат крупные кристаллы калишпата размером от 0,7—7,0 мм (квар-

цевые сиениты) и от 0,7—1,0 до 1,6—1,8 мм и реже до 2—2,5 мм (кварцевые диориты). В этих образованиях кристаллы и агрегаты зерен калишпата ксеноморфны, цементируют кристаллы роговой обманки, плагиоклаза и кварца I генерации, образуя типичную монзонитовую структуру. Характерно наличие отдельных участков пегматоидного сростания калишпата с кварцем II генерации. Зональные или сдвойникованные зерна не встречены, широко развиты микропертиты двух типов. Первые из них—тонкие веретенообразные полосы плагиоклаза по (1502)—так называемая мурчисоновата спайность, пересекающаяся со спайностью по (001) под углом 74°, реже по (001). Вторые, преимущественно развиты—сегрегационные микропертиты в виде крупных полос и пятен плагиоклаза (иногда с двойниковым строением, основность плагиоклаза микропертитов № 6—8). Местами видно, что они образовались при разрастании и слиянии пертитов I типа. В среднем калишпаты содержат до 20—30% микропертитовой фазы.

Калишпаты кварцевых сиенитов бассейна р. Левая Андриановка встречаются обычно в виде крупных порфиридных кристаллов удлиненнопризматической формы, размером от 0,3—0,4 до 1,5—2 см (содержание их достигает 15—20%), образующих трахитоидные текстуры. Для них характерен катаклиз и развальцевание. Микропертиты в этих калишпатах развиты слабее. Представлены они в основном первым типом: веретенообразные полосы плагиоклаза по (1502), реже — по (001). К периферии зерен они сгущаются и, сливаясь, образуют сегрегационные микропертиты, для которых четко намечается двойниковое строение плагиоклаза (основность плагиоклаза микропертитов № 3—6). Сдвойникованные кристаллы не встречены. Характерной особенностью описываемых калишпатов является нередко наблюдающееся зональное строение. Концентрически располагающиеся зоны четко прослеживаются благодаря сгущениям микропертитов.

Замеры углов оптических осей калишпатов дали следующие результаты (см. табл. 8).

Кривые — 2V калишпатов из кварцевых сиенитов бассейна р. Кувагдач и из подобных разностей пород бассейна р. Левая Андриановка (рис. 16) имеют четко выраженные максимумы в интервале 72,5—75,5°. Кварцевые диориты бассейна р. Кувагдач имеют несколько сдвинутый максимум: —2V = 69,5—72,5°.

Значение —2V калишпатов рассматриваемых разностей пород обычно одинаковое по всей площади зерна. В одном случае —2V кристалла калишпата из кварцевых диоритов равняется 64° — в центральной части и 58° — по периферии. В кварцевых сиенитах бассейна р. Левая Андриановка был встречен также единичный кристалл калишпата, в центре которого —2V = 74—76°, а по периферии —2V = 62—64°. На диаграммах составов (см. рис. 16, Б) калишпаты кварцевых сиенитов и амфиболовых кварцевых диоритов занимают обычно крайнее левое положение, т.е. они существенно калиевые (от 70 до 100% Or).

В нашем распоряжении есть два химических анализа калишпатов (см. рис. 22, 1 и 2) из массива в бассейне р. Левая Андриановка. При пересчете их на молекулярные составляющие первый содержит 68,4 ортоклаза, а второй — 74,4%. Все калишпаты описываемых разностей пород в той или иной степени изменены вторичными процессами. Обычно это — пелитизация, развивающаяся пятнами как по периферии, так и в центральных частях зерна (общая степень вторичных изменений калишпатов меньше, чем сосуществующих с ними плагиоклазов). Альбитизация больше проявлена в калишпатах кварцевых диоритов и меньше всего в кварцевых сиенитах р. Кувагдач.

Характерными парагенезисами минералов в кварцевых сиенитах является калишпат (—2 V = 72,5—75,5°) + плагиоклаз (№ 20—26) + кварц;

в кварцевых диоритах — калишпат ($-2V = 69,5-72,5^\circ$) + плагиоклаз (№ 25—30) + биотит + кварц. Таким образом, по оптическим свойствам, калишпаты рассмотренных образований относятся к одному структурно-оптическому типу (см. табл. 8) с характерным интервалом максимумов $-2V = 69,5-75,5^\circ$. По классификации А. С. Марфунина, это промежуточный ортоклаз — микропертит.

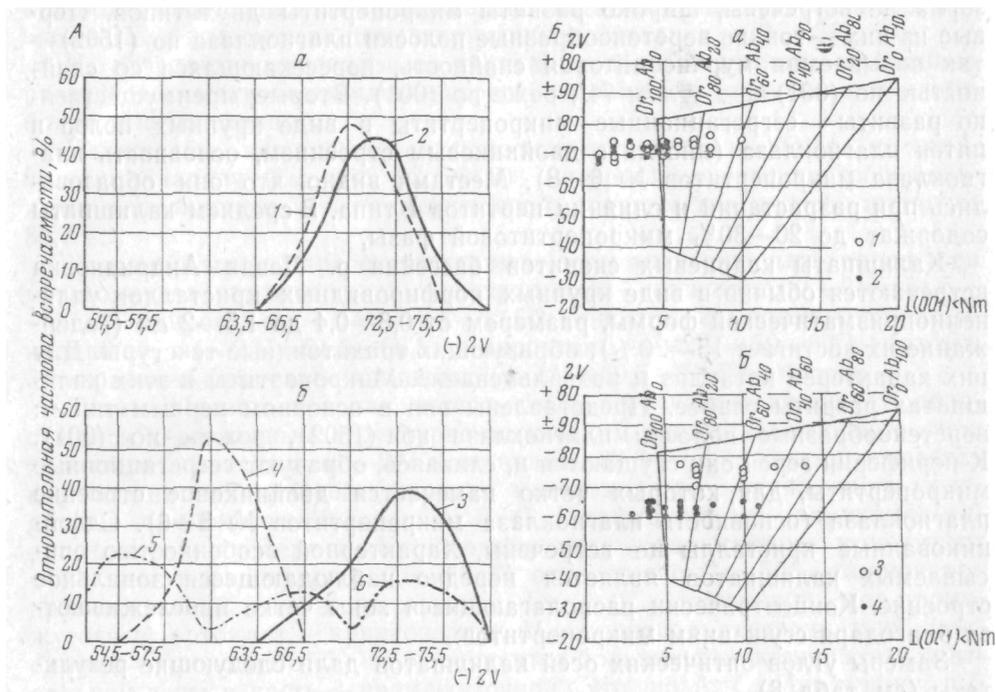


Рис. 16. Вариационные кривые (А) углов оптических осей ($-2V$) и диаграммы составов (Б) калиевых полевых шпатов простых недифференцированных массивов сиенитов и метасоматитов в пироксенитах формации габбро-сиенитов—трахиандезитов (Pg) а — массив в районе р. Кувагдач: 1 — кварцевые диориты (31 замер $-2V$ и 17 замеров оптической ориентировки), 2 — кварцевые сиениты (31 замер $-2V$ и 17 замеров оптической ориентировки); б — массив в районе р. Левая Андриановка; 3 — кварцевые сиениты (31 замер $-2V$ и 10 замеров оптической ориентировки), 4 — пироксен-амфибол-ортоклазовые метасоматиты в пироксенитах (34 замера $-2V$ и 20 замеров оптической ориентировки); 5 — жилы I этапа (центральная часть); 6 — вкрапленники и зальбанды жил I этапа (всего для жил I этапа — 31 замер $-2V$)

Жильные образования I этапа (сиенито-диориты, порфиroidные сиенито-диориты, кварцевые диориты и резко порфиroidные кварцевые диориты), связанные с недифференцированными массивами кварцевых сиенитов и амфиболовых кварцевых диоритов, содержат от 5 до 20—25% калишпата. В целом для пород жильной серии характерно смещение максимума значений $-2V$ калишпата в сторону меньших углов по сравнению с породами главной интрузивной фации. Например, резко порфиroidные кварцевые диориты в бассейне р. Кувагдач имеют преобладающие значения $-2V$ калишпата в интервале $66,5-69,5^\circ$ (при соответствующем максимуме $69,5-75,5^\circ$ для пород главной интрузивной фации).

На кривой распределения $-2V$ калишпата жильной серии массива кварцевых сиенитов р. Левая Андриановка мы видим три максимума (см. рис. 16). Первый из них (в интервале $72,5-75,5^\circ$) связан с калишпатами эндоконтактных зон и крупных порфиroidных выделений, второй ($66,5-69,5^\circ$) и третий ($54,5-57,5^\circ$) характерны для калишпатов более поздних генераций.

На основании рассмотренного материала можно сделать следующие выводы.

1. Массив в бассейне р. Левая Андриановка имеет более резко выраженные черты гипабиссальности по сравнению с массивом в бассейне р. Кувагдач, что находит свое отражение в морфологии и характере образумых структур калишпатов (обычно это зональные порфиroidные образования в первом случае и ксеноморфные незональные образования, монцонитовые структуры — во втором).

2. Несмотря на различия в условиях становления этих массивов, калиевые полевые шпаты в них по своим оптическим свойствам однотипны.

3. В пределах одной разности пород в калишпатах более поздних генераций проявляется тенденция к уменьшению углов оптических осей.

Калиевые полевые шпаты сложных дифференцированных массивов изучались в бассейнах рек Евсейчиха, Озерная Камчатка и Левая Андриановка. Для всех массивов характерно наличие метасоматических зон калишпатизированных и амфиболитизированных габбро и пироксенитов в области контактов с сиенитами и монцонитами. Амфиболовые монцониты и кварцевые сиениты содержат от 20 до 40% калишпата. Содержание его в кварцевых диоритах и зонах метасоматоза постепенно снижается до 5—10% и менее.

В амфиболовых монцонитах и в кварцевых сиенитах калишпат образует крупные кристаллы размером от 0,7—1,2 до 1,5—2 мм, в порфиroidных кварцевых сиенитах бассейна р. Левая Андриановка размер их увеличивается до 1—2 см. В кварцевых диоритах и зонах метасоматоза размер зерен калишпата постепенно уменьшается до 0,5—0,7 мм (вместе с уменьшением его содержания), однако на участках, сильно обогащенных калишпатом в метасоматических зонах, размер его кристаллов достигает 4—5 мм. Зерна калишпата обычно ксеноморфны (исключение составляют калишпаты порфиroidных кварцевых сиенитов бассейна р. Левая Андриановка, где они удлиненнопризматические), с извилистыми контурами, цементируют кристаллы плагиоклаза, роговой обманки, пироксена, кварца I генерации, создавая типичные монцонитовые структуры. В зонах метасоматоза кристаллы калишпата интенсивно корродируют зерна плагиоклаза и пироксена замещаемых пород, создавая различные реакционно-метасоматические структуры.

Для калишпатов рассматриваемых образований характерно наличие оторочек мирмекитов на стыке с зернами альбитизированного плагиоклаза. Двойниковое и зональное строение не отмечается. Криптопертиты — мелкие веретенообразные или линзовидные по (1502), реже по (001). Очень редко встречаются микропертиты.

Были проведены массовые замеры углов оптических осей калишпатов из различных пород рассматриваемых образований (см. рис. 17 и табл. 8). Вариационные кривые углов $-2V$ калишпатов в метасоматически измененных габбро и в монцонитах по сравнению с сиенитами характеризуются расплывчатыми максимумами. Кривая значений $-2V$ калишпатов в жилах I этапа имеет четко выраженную правую асимметрию. Максимумы значений $-2V$ на вариационных кривых для калишпатов из амфиболовых монцонитов, кварцевых монцонитов и метасоматически измененных габбро, габбро-пироксенитов одного массива совпадают, но для разных массивов они несколько отличаются. Так, для массива в бассейне р. Озерная Камчатка эти совмещенные максимумы располагаются в интервале 51,5—54,5°, а для массива р. Евсейчихи — в интервале 54,5—57,5°. Более широкий максимум $-2V$ калишпатов метасоматически измененных габбро этого массива, захватывает и область значений 51,5—54,5°. Отличаются от них калишпаты кварцевых сиенитов с большими значениями $-2V$. Так, максимум $-2V$ калишпатов

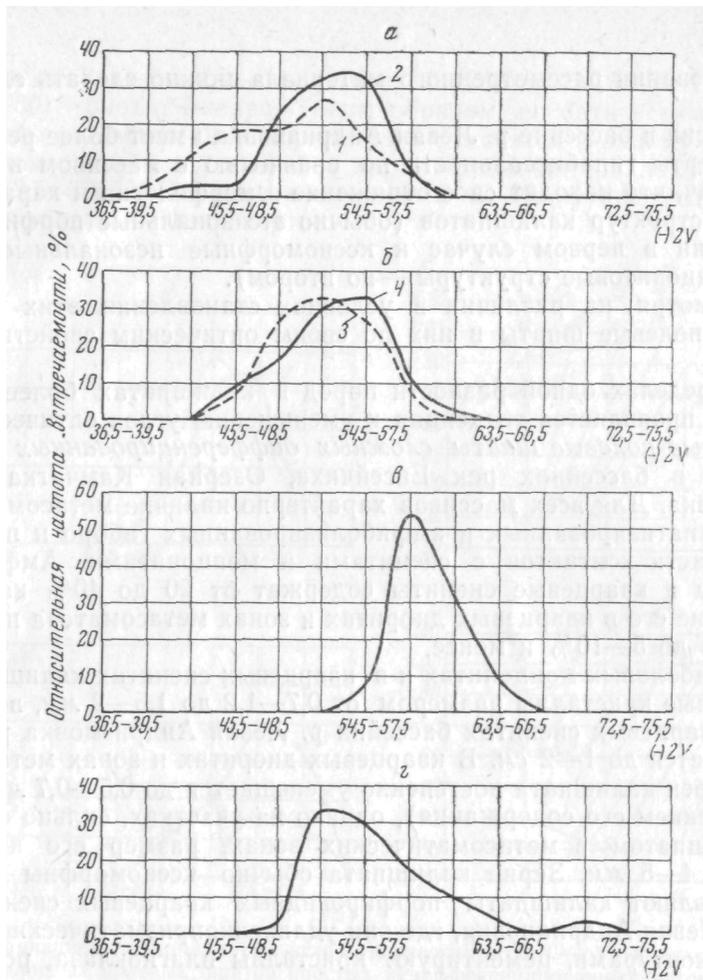


Рис. 17. Вариационные кривые углов оптических осей ($-2V$) калиевых полевых шпатов сложных, дифференцированных габбро-сиенитовых массивов формации габбро-сиенитов — трахиандезитов (Pg)

a — калишпатизированное и амфиболитизированное габбро: 1 — массив в районе р. Озерная Камчатка (33 замера), 2 — массив у р. Евсейчихи (31); *б* — амфиболовые монцитоны, кварцевые монцитоны: 3 — массив в районе р. Озерная Камчатка (30), 2 — массив у р. Евсейчихи (33); *в* — сиениты, кварцевые сиениты, массив у р. Евсейчихи (28); *г* — жилы — I этапа, там же

кварцевых сиенитов лежит в интервале $57,5-60,5^\circ$. Резко отличается максимум значений $-2V$ калишпатов метасоматически измененных пироксенитов массива в бассейне р. Левая Андриановка, который располагается в интервале $60,5-63,5^\circ$ (см. рис. 16).

Величина $-2V$ в пределах одного зерна калишпата обычно не меняется. В нескольких случаях она увеличивается на $3-4^\circ$ (реже до 10°) в центральной части зерна по сравнению с периферией.

Калишпаты описываемых образований слабо затронуты вторичными изменениями, лишь местами они имеют редкие пятна пелитизации, редкие жилки и пятнистые образования альбита. В нашем распоряжении имеются два химических анализа калишпатов; один из них (рис. 22, № 4) характеризует зону метасоматически измененных пироксенитов массива в бассейне р. Левая Андриановка, второй (рис. 22, № 5) взят из пегматита массива в бассейне р. Евсейчихи. Содержание молекулы орто-

клаза (73,4%) в калишпате из метасоматически измененных пироксенитов примерно такое же, как в калишпатах самостоятельного массива порфиридных кварцевых сиенитов в районе р. Левая Андриановка, хотя оптические углы их разные. Калишпат из пегматита содержит 82,7% ортоклазовой молекулы.

Характерными калишпатсодержащими парагенезисами для рассматриваемых здесь разностей пород (на примере массива в районе р. Евсейчихи) являются следующие: 1) в кварцевых сиенитах — плагиоклаз (№ 25—31)+амфибол ($-2V = 63,5-64,5^\circ$) + калишпат ($-2V = 57,5-60,5^\circ$) + биотит; 2) в амфиболовых монцонитах — пироксен ($+2V = 57-58^\circ$)+роговая обманка ($-2V = 69-71^\circ$) + калишпат ($-2V = 49-54^\circ$) и плагиоклаз (№ 33—37) + роговая обманка ($-2V = 68-70^\circ$) + калишпат ($-2V = 50-55^\circ$); 3) в кварцевых монцонитах — пироксен ($+2V = 57-58^\circ$) + роговая обманка ($-2V = 68-71^\circ$)+калишпат ($-2V = 50-57^\circ$) + кварц; пироксен ($+2V = 58-60^\circ$)+амфибол паргасит-гастингситового ряда ($-2V = 60-65^\circ$)+калишпат ($-2V = 49-54^\circ$) + кварц и плагиоклаз (№ 33—35)+амфибол паргасит-гастингситового ряда ($-2V = 59,6-63,5^\circ$)+калишпат ($-2V = 51-55^\circ$) + кварц; 4) в интенсивно калишпатизированных и амфиболизированных габбро — роговая обманка ($-2V = 69-71^\circ$)+калишпат ($-2V = 50-55^\circ$)+биотит и пироксен ($+2V = 58,5-60,5^\circ$) + амфибол паргасит-гастингситового ряда ($-2V = 60-66^\circ$)+калишпат ($-2V = 49-54^\circ$). Зона максимального проявления калиевого метасоматоза (ортоклаз-пироксеновые метасоматиты) в пироксенитах бассейна р. Левая Андриановка: характеризуется следующей парагенетической ассоциацией: пироксен ($+2V = 59-61^\circ$) + амфибол паргасит-гастингситового ряда ($-2V = 48-53^\circ$)+калишпат ($-2V = 60-64^\circ$).

По оптическим свойствам калишпаты амфиболовых монцонитов, кварцевых монцонитов и метасоматически измененных габбро относятся к одному структурно-оптическому типу (см. табл. 8) с характерным интервалом максимумов $-2V = 51,5-57,5$. По классификации А. С. Марфунина, это высокий ортоклаз — криптопертит. Калишпат метасоматически измененных пироксенитов в районе р. Левая Андриановка рассматривается в качестве структурно-оптического типа с характерным интервалом максимумов $-2V = 60,6-66,5^\circ$. Это промежуточный ортоклаз — криптопертит (по А. С. Марфунину). Калишпаты кварцевых сиенитов бассейна р. Евсейчихи относятся к высокому ортоклазу — криптопертиту (по А. С. Марфунину).

Жильные образования I этапа (роговообманковые сиениты, кварцевые сиениты, пегматиты), связанные с дифференцированными массивами формации, содержат от 10—15 до 30—40% калишпата. Для пород жильной серии характерно смещение максимума значений $-2V$ калишпатов в сторону меньших углов по сравнению с соответствующими разностями пород главной интрузивной фации. Так, жилы I этапа массива в районе р. Евсейчихи имеют максимум значений $-2V$ калишпата в интервале $51,5-54,5^\circ$ (при соответствующем максимуме $57,5-60,5^\circ$ для кварцевых сиенитов главной интрузивной фации).

Анализируя фактический материал, можно сделать следующие выводы.

1. В реакционной зоне контакта сиенитов с габброидами (представленной монцонитами и метасоматически измененными габброидами) сложных, дифференцированных массивов рассматриваемой формации отмечается появление структурно-оптического типа калишпата с малыми углами оптических осей $-2V = 51,5-57,5^\circ$.

2. В этой реакционной зоне калиевый полевой шпат находится в парагенетической ассоциации с пироксеном и амфиболом, а также с амфиболом и плагиоклазом (андезин № 33—37). Подобные ассоциации

характерны для пород, образующихся в условиях повышенной активности щелочей (Коржинский, 1946, 1957).

3. Внутри одной разности пород для калишпатов более поздних генераций проявляется тенденция к уменьшению углов оптических осей. Главные характерные максимумы $-2V$ калишпатов в жилах I этапа также сдвинуты в сторону меньших значений по сравнению с калишпатами соответствующих пород главной интрузивной фации.

В целом для формации габбро-сиенитов — трахиандезитов намечаются следующие характерные особенности калиевых полевых шпатов.

1. Наличие трех структурно-оптических типов (см. табл. 8) со следующими интервалами значений характерных максимумов $-2V: 51,5—57,5^\circ$; $50,5—66,5^\circ$ и $69,5—75,5^\circ$. Выделенные типы четко прослеживаются для всех эффузивных, субвулканических, интрузивных и метасоматических образований этой формации.

2. Калиевые полевые шпаты I и II структурно-оптического типа (см. табл. 8) находятся в парагенетических ассоциациях с пироксеном, с пироксеном и амфиболом (либо плагиоклазом № 36—40), а также с амфиболом и плагиоклазом (андезин № 33—37). Подобные ассоциации присущи породам, образующимся в условиях повышенной активности щелочей (Коржинский, 1946, 1957; Жариков, 1960). Для калиевых полевых шпатов III структурно-оптического типа характерны парагенетические ассоциации с биотитом и плагиоклазом значительно меньшей основности (№ 20—26). Подобные ассоциации свойственны породам, образующимся в условиях меньшей активности щелочей.

3. В пределах одной разности пород для калишпатов более поздних генераций проявляется тенденция к уменьшению углов оптических осей, что является характерной чертой эволюции этого минерала во всех образованиях рассматриваемой формации.

4. Калишпаты описываемой формации существенно калиевые (см. рис. 22) и эволюция их идет в сторону увеличения калия.

Формация габбро-гранодиоритов

Калиевые полевые шпаты этой формации изучались на примере двух массивов, дифференцированных по фазам внедрения (реки Утудумец и Юртиная и р. Кенсол), и нескольких массивов (ключ Начальный, реки Кирганик и Жупанка), дифференцированных в интрузивных камерах.

Габбро и габбро-диориты рассматриваемых массивов содержат калишпат от единичных зерен до 5—10%. Встречается он в виде ксеноморфных образований размером около 0,3—0,5 мм в интерстициях между зернами плагиоклаза (корродирует его), реже — в виде оторочек вокруг этого минерала. Зональность не наблюдалась. Пертиты отсутствуют, либо проявлены слабо. На стыках с зернами альбитизированных плагиоклазов нередки участки мирмекитизации. Калишпаты массива в районе р. Юртиной нередко двойникованы по карлсбадскому или бавенскому законам.

В кварцевых диоритах, гранодиоритах и гранитах содержание калишпата колеблется от 10—15 до 30%. Встречается он также в виде ксеноморфных образований размером от 0,2—0,3 до 1,6—1,8 мм. Калишпат расположен интерстиционно, либо образует типичные монцититовые структуры. Часто он коррозионный по отношению к плагиоклазу и кварцу I генерации, для него обычны криптопертиты в виде тонких параллельных полосок по (001), иногда эти полоски беспорядочно разбросаны по всему зерну. Образования альбита приурочены в виде неправильных жилок к границам зерен. В одном случае удалось измерить основность плагиоклаза-пертита, который оказался олигоклазом № 16.

Мирмекиты очень часты и характерны. Почти все альбитизированные плагиоклазы массива в бассейне р. Кенсол, погруженные в агрегаты калишпата, имеют бахрому мирмекитов. Заметно, как величина червеобразных вростков кварца мирмекитов увеличивается к периферии этих зон. В калишпатах массива на водоразделе рек Утудумец и Юртиная широко проявлено двойниковое строение, обычно по карлсбадскому закону (в одном случае был встречен калишпат, сдвойникованный по манебахскому закону).

В жильных образованиях I этапа (аплиты, граниты, пегматиты) содержание калиевого полевого шпата колеблется от 30—40 до 60%. Встречается он в виде ксеноморфных образований размером от 0,7—0,8 до 1—1,2 мм, нередко пегматоидные сростки с кварцем. Зоны мирмекитизации и линейно-вытянутые по (001) криптопертиты проявлены здесь наиболее широко. Для калишпатов жильной серии характерно двойниковое строение (двойники простые — по карлсбадскому закону).

Результаты массовых замеров $-2V$ калишпатов пород из массивов в бассейне рек Кенсол и Юртиная и Утудумец представлены в табл. 8 и на диаграммах (рис. 18, 19).

Вариационные кривые углов оптических осей этого минерала для массива на водоразделе рек Юртиной и Утудумца по сравнению с массивом района р. Кенсол имеют следующие отличительные особенности. Интервал значений $-2V$ калишпатов для пород I фазы этого массива несколько шире (36,5—60,5°), чем для соответствующих пород массива у р. Кенсол (39,5—51,5°). Подобное расширение интервала значений $-2V$ калишпатов наблюдается и для пород II фазы массива на водоразделе рек Юртиная и Утудумец. Вариационные кривые $-2V$ калишпатов гранитов и жил I этапа II фазы здесь имеют сложную форму и характеризуются несколькими максимумами, большинство из которых унаследованы. Подобные кривые для массива района р. Кенсол имеют простую форму с единичными максимумами. Главные максимумы $-2V$ калишпатов из пород I фазы массива р. Кенсол и массива р. Юртиная немного не совпадают. Первый лежит в интервале значений 42,5—45,5°, второй — 39,5—42,5°, последний совпадает с главным максимумом для жил аплитов и пегматитов того же массива. В интервале значений $-2V=48,2—51,5°$ располагаются главные максимумы гранодиоритов и гранитов II фазы обоих массивов и жил гранодиоритов массива района р. Юртиная.

Максимум значений $-2V$ калишпатов жил I этапа массива р. Кенсол располагается в интервале 51,5—54,5°, а жил гранитов района р. Юртиная — 54,5—57,5°.

Наиболее часто встречающиеся значения калишпата диоритов — гранодиоритов массива у ключа Начального соответствуют интервалу 51,5—54,5° и совпадают с подобными значениями для аплитов р. Кенсол. Для калишпата из габбро того же массива наиболее часты значения $-2V=43—44°$.

В пределах площади одного зерна калишпата $-2V$ обычно постоянен. В отдельных случаях в центральной части зерна он на 6—8° меньше, чем на периферии.

Для калишпатов жил I этапа были получены следующие замеры $-2V$: центральная часть зерна 48°, периферия 57°, 54° 61°; 51° 56°; 49° 55°; 54° 62°.

Анализируя диаграммы составов калиевых полевых шпатов ($\wedge 001 < Nm$) из различных образований формации (см. рис. 18, Б и 19, Б), можно сделать вывод о том, что при переходе от начальных к конечным членам дифференциации эволюция этого минерала идет в сторону увеличения калия. Подобный же вывод напрашивается и при рассмотрении химических анализов калиевых полевых шпатов из пород этой

формации на тройной диаграмме $Ab-An-Or$ (см. ниже — раздел «Обсуждение результатов» рис. 22).

К. В. Прохоровым (1964) было проведено определение степени рентгеновской триклинности (A) для некоторых калишпатов из кварцевых диоритов, гранодиоритов и аплитов этой формации, которая оказалась равной $0,09 \pm 0,03$.

В целом для пород формации калишпат слабо затронут вторичными изменениями. Несколько сильнее пелитизированы полевые шпаты пород из района ключа Начального. Величина $-2V$ от степени пелитизации практически не зависит.

Характерной парагенетической ассоциацией для калишпатсодержащих габбро-диоритов I фазы массивов формации является плагиоклаз

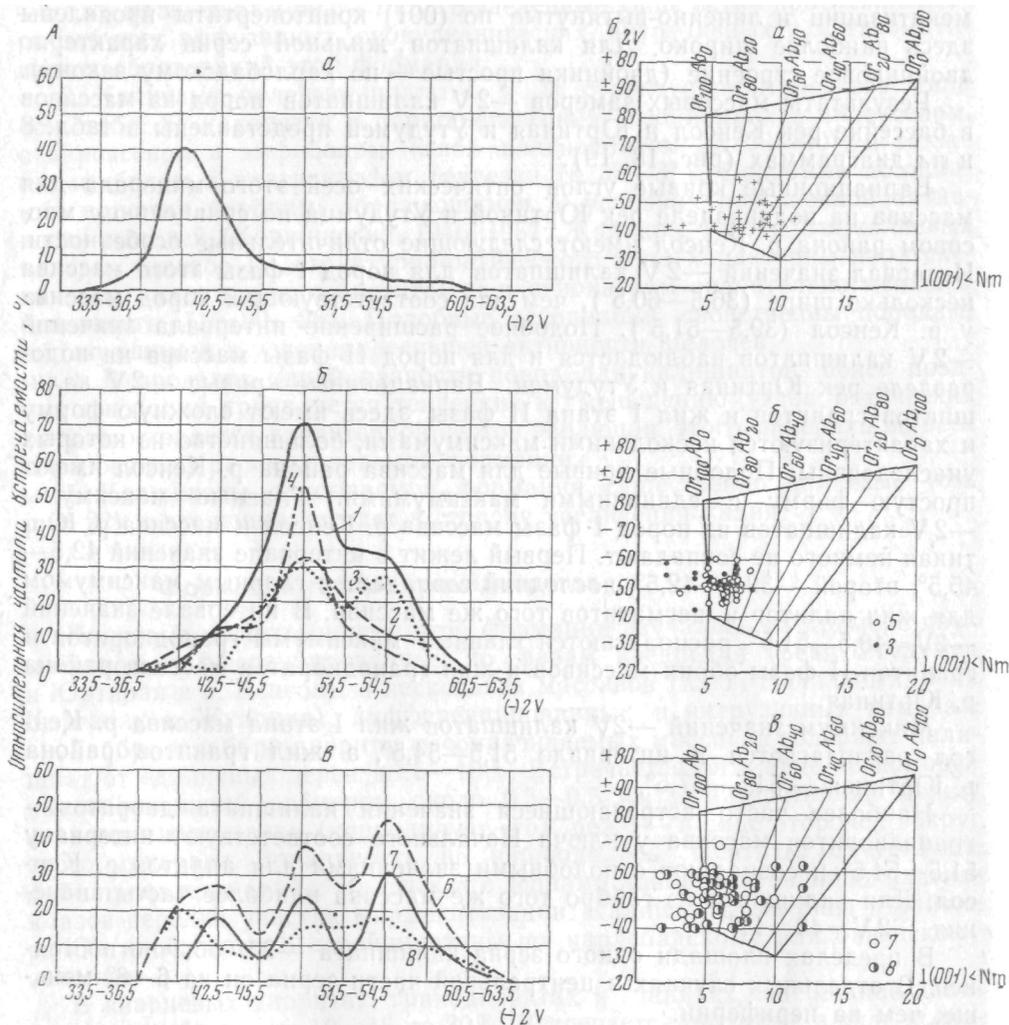


Рис. 18. Вариационные кривые (A) углов оптических осей ($-2V$) и диаграммы составов (B) калиевых полевых шпатов массива в районе рек Юртинная и Утудумец формации габбро-гранодиоритов (N_1)

a — I фаза, габбро, габбро-диориты (44 замера $-2V$ и 29 замеров оптической ориентировки); $б$ — II фаза, кварцевые диориты, гранодиориты и граниты (85 замеров $-2V$ и 49 замеров оптической ориентировки): 1 — породы II фазы в целом, 2 — гранодиориты, 3 — граниты, 4 — жилы гранодиоритов, 5 — гранодиориты, кварцевые диориты и их жилы; $в$ — жильные породы I этапа II фазы (74 замера $-2V$ и 57 замеров оптической ориентировки); 6 — жильные породы в целом; 7 — жилы гранитов; 8 — жилы аплитов и пегматитов

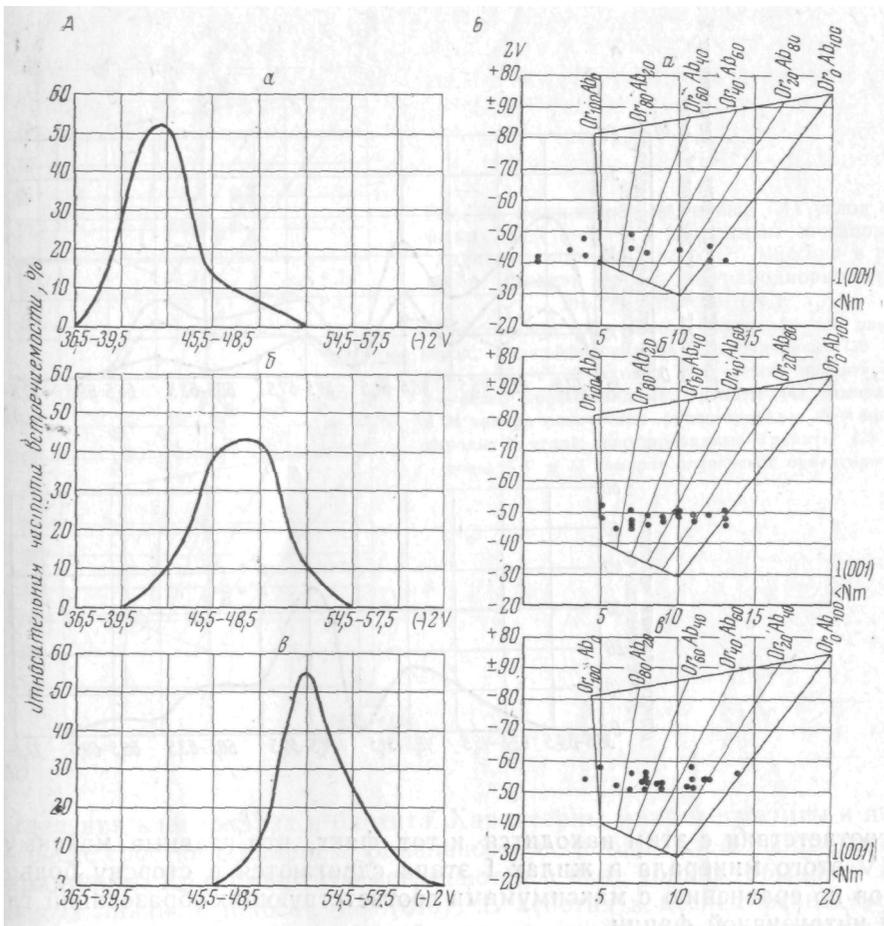


Рис. 19. Вариационные кривые (А) углов оптических осей ($-2V$) и диаграммы составов (В) калиевых полевых шпатов массива в районе р. Кенсол формаций габбро-гранодиоритов (N₁)

а — I фаза, габбро-диориты (31 замер $-2V$ и 13 замеров оптической ориентировки); б — II фаза, гранодиориты, граниты (31 замер $-2V$ и 20 замеров оптической ориентировки); в — жильные породы I этапа II фазы, граниты, аплиты (31 замер $-2V$ и 20 замеров оптической ориентировки)

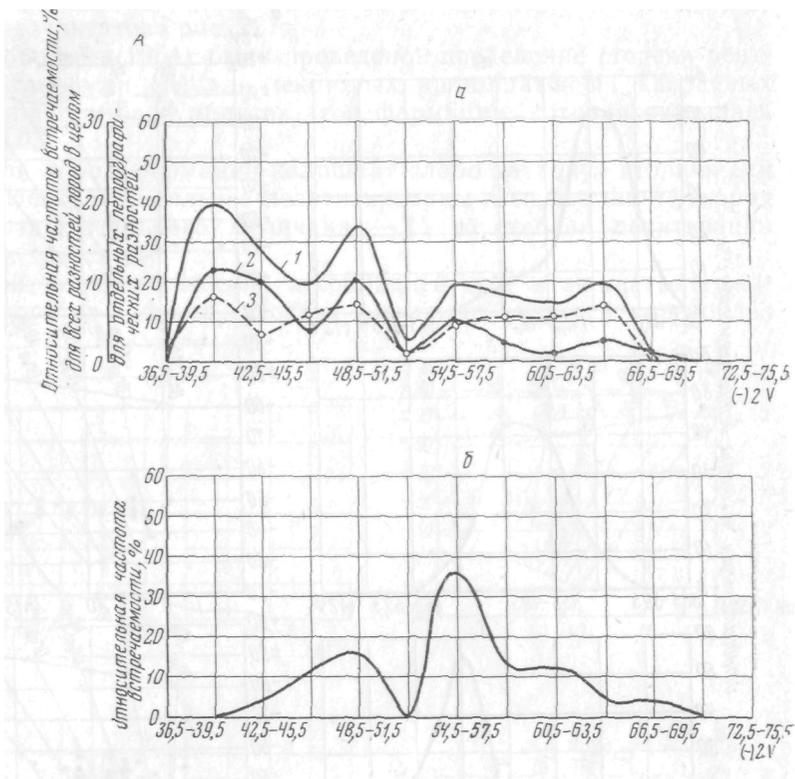
(№ 27—30)+калишпат ($-2V = 39,5-45,5^\circ$)+кварц. Гранодиориты, граниты II фазы и жилы гранодиоритов характеризуются парагенетической ассоциацией: плагиоклаз (№ 20—24) + биотит + калишпат ($-2V = 48,5-51,5^\circ$) + кварц, а жилы аплитов и гранитов — парагенезисом: плагиоклаз (№ 16—20)+калишпат ($-2V = 51,5-57,5^\circ$) + кварц.

По оптическим свойствам калиевый полевой шпат формации габбро-гранодиоритов относится к типу высокий ортоклаз—криптопертит (по А. С. Марфунину). Внутри этого типа четко выделяется два подтипа: со значениями $-2V$ в интервале $39,5-45,5$ и $48,5-57,5^\circ$ (см. табл. 8).

Можно наметить следующие характерные особенности калиевых полевых шпатов формации габбро-гранодиоритов.

1. Проявление одного структурно-оптического типа со значениями характерных максимумов $-2V$ интервале $39,5-57,6^\circ$, с двумя четко выраженными подтипами.

2. Внутри одной разности пород для калишпатов более поздних генераций проявляется тенденция к увеличению углов оптических осей.



В соответствии с этим находится и тот факт, что главные максимумы $-2V$ этого минерала в жилах I этапа сдвигаются в сторону больших углов по сравнению с максимумами соответствующих образований главной интрузивной фации.

3. Минимальные значения углов оптических осей ($39,5-45,5^\circ$) наблюдаются в калишпатах габбро и габбро-диоритов. При переходе от I ко II фазе массивов, дифференцированных по фазам внедрения и от фаций эндоконтактов к фациям центральных частей массивов, дифференцированных в интрузивных камерах, величина $-2V$ калишпатов возрастает.

4. Эволюция калишпатов во времени идет в сторону увеличения калия.

Формация гранодиорит-порфиоров — дацитов

Калиевый полевой шпат в породах этой формации обычными петрографическими методами, как правило, не обнаруживается, ввиду малых размеров зерен этого минерала. Однако при прокрашивании шлифов кварцевых диоритовых порфиринов района перевала Кирганикского кобальти-нитритом натрия он был обнаружен в основной массе этих пород. Кроме того, в породах одного из массивов района на р. Касанги размеры его зерен достаточные для оптических исследований. Содержание калишпата в порфиroidных и резко порфиroidных гранодиоритах и гранитах этого массива достигает 20—25%, а в жилах I этапа (порфиroidные граниты) — 30%. В крупно- и среднезернистых разностях калишпат ксеноморфный, интерстиционный, реже в виде лейст; в мелкозернистых разностях лейсты образуются чаще. Размер кристаллов колеблется от 0,2—0,3 до 0,5—1,0 мм. В резко порфиroidных разностях он слагает вместе с кварцем основную массу, цементирующую

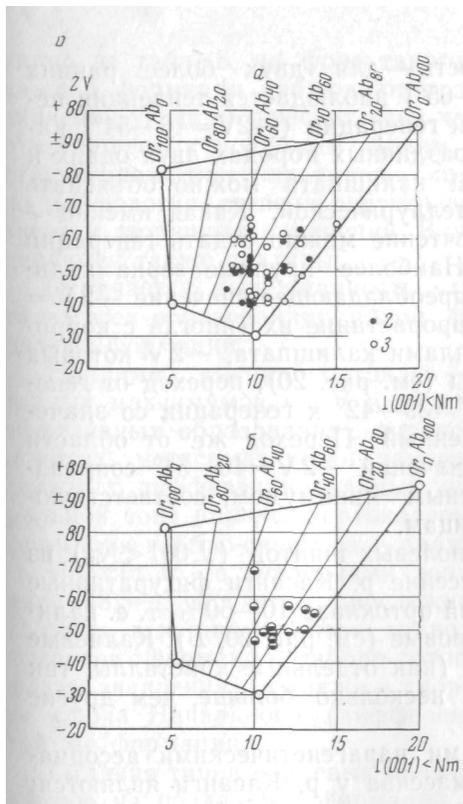


Рис. 20. Вариационные кривые (А) углов оптических осей ($-2V$) и диаграммы составов (Б) калиевых полевых шпатов массива в районе р. Касанги формации гранодиорит-порфиоров — дацитов (N_2)

а — собственно интрузивная фация: 1 — все разности пород; 2 — порфиоровидные гранодиориты (39 замеров — $2V$ и 33 замера оптической ориентировки); 3 — резко порфиоровидные граниты (43 замера — $2V$ и 24 замера оптической ориентировки); б — жильные породы I этапа, порфиоровидные граниты (25 замеров — $2V$ и 13 замеров оптической ориентировки)

выделения плагиоклаза и биотита. Характерны микропегматиты и неправильные сростки с кварцем. Зональность не наблюдалась, миремкиты не характерны. Криптопертиты встречаются в виде тонких, обычно искривленных линий и полосок по (010). В лейстах и ксеноморфных зернах часто встречаются простые двойники по карлсбадскому закону.

Результаты массовых замеров углов оптических осей ($-2V$) калиевых полевых шпатов массива в районе р. Касанги представлены в табл. 8 и на диаграмме (рис. 20). Вариационные кривые на этой диаграмме имеют сложную форму и несколько максимумов унаследованного характера.

Полученные значения $-2V$ калишпатов колеблются от $36,5$ до $69,5^\circ$ для порфиоровидных гранодиоритов и резко порфиоровидных гранитов главной интрузивной фации и от $39,5$ до $72,5^\circ$ — для жильных пород I этапа. Несмотря на такой широкий разброс значений, среди них четко выделяются две области, разделенные минимумом в интервале $51,5$ — $54,5^\circ$. Этот минимум характерен для всех пород рассматриваемого массива. Для пород главной интрузивной фации фиксируется четыре совпадающих максимума $-2V$. Наибольший процент замеров попадает в интервал значений $39,5$ — $42,5^\circ$. Для жильных пород I этапа отмечаются два максимума $-2V$, главный из которых — в интервале $54,5$ — $57,61^\circ$. Оба максимума совпадают с соответствующими второстепенными максимумами пород главной интрузивной фации.

Характер изменения $-2V$ в пределах площади одного зерна калишпата следующий: 1) для главной интрузивной фации: центральная часть зерна 59° периферия 50° ; 56 54° ; 65 49° ; 57 46° ; 42 49° ; 40 50° ; 58 48° ; 39 48° ; 2) для жил I этапа: центральная часть зерна 57° периферия 68° .

Таким образом, здесь фиксируется как прямая, так и обратная зональность рассматриваемого минерала. Причем в интрузивной фации

наблюдается интересная закономерность — для двух более ранних генераций ($-2V = 39-42^\circ$ и $-2V = 56-65^\circ$) наблюдается тенденция перехода к одной и той же более поздней генерации ($-2V = 46-54^\circ$) калиевого полевого шпата. Появление в различных породах двух одних и тех же независимых ранних генераций калишпата можно объяснить тем, что одна из них является интрателлурической. Какая именно — решить пока трудно. Некоторое предпочтение можно отдать генерации со значениями углов $-2V = 56-65^\circ$. Наиболее крупные зерна калишпата (типа «вкрапленников») имеют преобладающее значение $-2V = 56-66^\circ$. В ряде случаев отмечается прорастание их (иногда с коррозионными границами) мелкими кристаллами калишпата, $-2V$ которых равен $47-50^\circ$. Как видно из диаграммы (см. рис. 20), переход от генерации калишпата со значениями $-2V = 39-42^\circ$ к генерации со значениями $-2V = 46-54^\circ$ довольно постепенный. Переход же от области значений $-2V = 56-65^\circ$ к области значений $-2V = 46-54^\circ$ сопровождается на диаграмме резко выраженным минимумом, соответствующим наблюдаемым коррозионным границам.

На диаграммах составов калиевых полевых шпатов ($^{001} < N$) из различных образований массива в бассейне р. Касанги фигуративные точки концентрируются в полях значений ортоклаза 10–50%, т. е. калишпаты этой формации существенно натровые (см. рис. 20, Б). Калиевые полевые шпаты с углом $-2V = 56-65^\circ$ (как отдельные кристаллы, так и зоны в кристаллах) пелитизированы несколько больше, чем другие генерации этого минерала.

Характерными калишпатсодержащими парагенетическими ассоциациями для пород интрузивной фации массива у р. Касанги являются; 1) плагиоклаз (№ 30–38, интрателлурический, с упорядоченностью около 0,25)+калишпат ($-2V = 56-65^\circ$)+роговая обманка ($2V = 74-75^\circ$)+биотит+кварц; 2) плагиоклаз (№ 30–38, образовавшийся в интрузивной камере, с упорядоченностью около 0,5)+калишпат ($-2V = 39,5-42,5^\circ$)+роговая обманка ($-2V = 69,5-71,5^\circ$)+биотит+кварц; 3) плагиоклаз (№ 20–25)+калишпат ($-2V = 48,5-51,5^\circ$)+биотит+кварц.

По своим оптическим свойствам калиевый полевой шпат изученного массива формации субвулканических гранодиорит-порфиристо-дацитов относится к типу высокий анортоклаз-криптопертит (по А. С. Марфунину).

В целом для калишпата этого массива характерны следующие особенности.

1. Проявление одного структурно-оптического типа со значениями характерных максимумов $-2V$ в интервале $39,5-57,5^\circ$, с двумя четко выраженными подтипами (см. табл. 8).

2. Внутри одной разности пород проявляется как прямая, так и обратная зональность кристаллов калишпата (увеличение или уменьшение угла $-2V$ при переходе к более поздним генерациям), возможно связанная с присутствием интрателлурических его образований.

3. При переходе от пород интрузивной фации к породам жильной серии I этапа главный характерный максимум на кривых $-2V$ калишпатов сдвигается в сторону больших значений.

4. Калишпаты описываемых образований существенно натровые.

Обсуждение результатов

Калиевые полевые шпаты выделенного формационного ряда магматических образований Центральной Камчатки характеризуются серией постепенных переходов от высокого ортоклаза криптопертита со значениями главных максимумов в интервале $-2V = 39,5-45,5^\circ$ до промежуточного ортоклаза-микропертита ($-2V = 69,5-75,5^\circ$). Однако, как

видно из табл. 8, на фоне такого постепенного перехода в пределах каждой формации наблюдаются поля наиболее часто встречающихся значений углов оптических осей калишпатов. Калиевые полевые шпаты, относящиеся к подобным полям, выделяются в качестве отдельных структурно-оптических типов. Типы этого минерала отличаются также по морфологии, степени пертитизации, характеру образуемых парагенезисов и вторичных изменений. Внутри структурно-оптических типов выделяются также подтипы.

Отмечается выдержанность структурно-оптического типа калишпата во всех образованиях одной формации и отличие типов в породах разных формаций.

Например, высокий ортоклаз — криптопертит со значениями характерных максимумов $-2V$ в интервале $51,5-57,5^\circ$ встречается в субэффузивных образованиях пироксен-ортоклазовых шонкинитов, в монцонитах, метасоматически измененных габброидах и жилах I этапа сложных, дифференцированных, интрузивных массивов, а также в центральной зоне пироксен-ортоклазовых метасоматитов среди порфиритов формации габбро-сиенитов — трахиандезитов.

Подтип 16 со значениями характерных максимумов $-2V$ в интервале $48,5-57,5^\circ$ четко прослеживается в гранодиоритах и гранитах II фазы, в жилах аплитов, гранодиоритов и гранитов I этапа разных массивов формации габбро-гранодиоритов (дифференцированных по фазам внедрения), а также в диоритах и гранодиоритах массива в районе ключа Начального (дифференцированного в интрузивной камере) той же формации.

Отличия типов калиевых полевых шпатов в породах с близкой основностью из различных формаций достаточно четко фиксируются при рассмотрении табл. 9.

Таблица 9

Типы калиевых полевых шпатов в породах с близкой основностью из различных магматических формаций Центральной Камчатки

Формация	Порода	Содержание SiO_2 , %	Значение характерных максимумов	Интервал основности % An плагиоклаза, находящегося в парагенезисе с калишпатом
Габбро-плагиогранитов	Гранодиориты II фазы внедрения	65,50	$57,5-60,5^\circ$	21—24
Габбро-сиенитов—трахиандезитов	Кварцевые сиениты простых, недифференцированных массивов	60,77	$72,5-75,5^\circ$	20—26
	Кварцевые сиениты сложных, дифференцированных массивов		$57,5-60,5^\circ$	25—31
Габбро-гранодиоритов	Гранодиориты II фазы внедрения	63,54	$48,5-51,5^\circ$	21—24
Гранодиорит-порфиритов — дацитов	Порфиroidные гранодиориты массива в бассейне р. Касанги	62,7	$56-65^\circ$	30—38 (?)
			$39,5-42,5^\circ$	30—38 (?)
			$48,5-51,5^\circ$	20—25

Таким образом, положение А. С. Марфунина (1962) о выдержанности типа калишпата в различных производных магматического комплекса (независимо от способа кристаллизации пород) распространяется и на плутоническую или вулканоплутоническую формацию (включая и связанные с нею метасоматические образования).

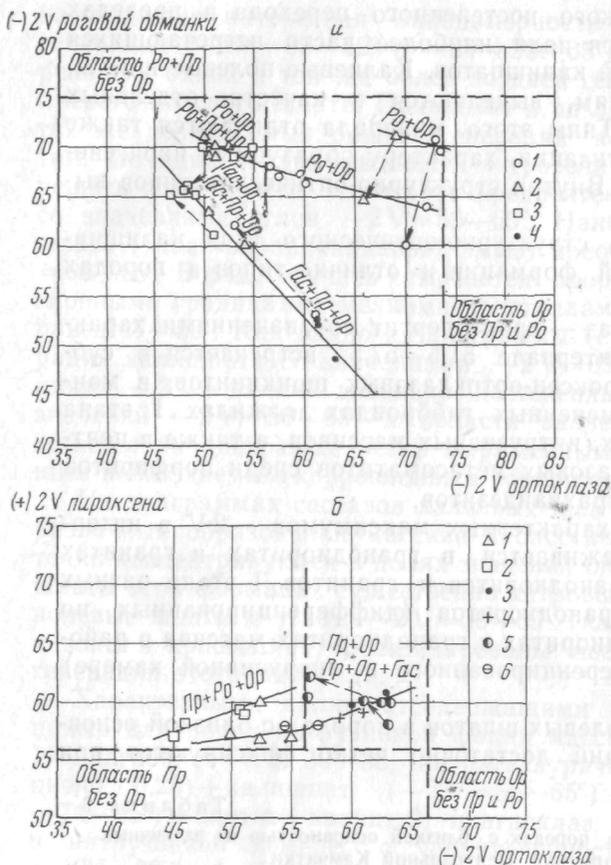


Рис. 21. Коррелятивные диаграммы углов оптических осей сосуществующих пар минералов

a ~ сосуществующая пара: роговая обманка—ортоклаз: 1 — сиениты, кварцевые сиениты, 2 — монциты, кварцевые монциты, 3 — метасоматически измененные габбро, 4 — метасоматически измененные пироксениты; *б* — сосуществующая пара: пироксен—ортоклаз: 1 — монциты, кварцевые монциты, 2 — метасоматически измененные габбро, 3 — метасоматически измененные пироксениты, 4 — ортоклазовые трахиандезиты, 5 — метасоматиты в трахиандезитах, 6 — силы шонкинитов

Пр — пироксен, *Ро* — обыкновенная роговая обманка, *Гас* — роговая обманка ряда паргасит — гастингсит, *Ор* — ортоклаз

Стрелками показан переход от одной области равновесия к другой



Калиевые полевые шпаты более древних формаций (габбро-сиенитов — трахиандезитов палеогенового возраста и габбро-плагиигранитов верхнемелового — палеогенового возраста) характеризуются в целом меньшими значениями углов $-2V$ ($51,5-75,5^\circ$) выделенных структурно-оптических типов по сравнению с калишпатами более молодых формации — габбро-гранодиоритов миоценового возраста и субвулканических гранодиорит-порфиров плиоценового возраста ($-2V = 39,5-57,5^\circ$).

По современным представлениям (Марфунин, 1962), величина угла оптических осей калиевого полевого шпата характеризует структурное состояние этого минерала, т. е. степень упорядоченности его кристаллической решетки.

Рассматривая причины, влияющие на процесс упорядочения калиевых полевых шпатов, различные исследователи по-разному оценивают роль того или иного фактора. Наличие умеренных и малых углов оптических осей и «сандиноподобный» облик кристаллов калишпата чаще всего связывается с высокой температурой и большой скоростью кристаллизации. Одним из многочисленных примеров природного отжига калишпатов является изученное Л. Н. Индолевым и Ю. Я. Ждановым (ЯФ АН СССР, в печати) разупорядочение этого минерала в ксенокристаллах и ксенолитах гранит-порфиров в диабазовых дайках по сравнению с кристаллами калишпата в «коренных» выходах гранит-порфиров.

К. В. Прохоров (1964) считает, что на степень упорядоченности калишпатов влияет различная скорость охлаждения содержащих их пород.

Этим он объясняет малые значения — $2V$ калиевых полевых шпатов в аплитах (маломощные жилы) и кварцевых диоритах — гранодиоритах (эндоконтактные зоны) по сравнению с таковыми гранитов (главная интрузивная фация) третичных гранитоидов Камчатки.

В. А. Баскина (1965), напротив, увеличение углов — $2V$ калишпатов I более молодых и незначительных по мощности дайках гранит-порфиров (по сравнению с калишпатами крупного субвулканического тела гранит-порфиров) связывает с ролью летучих в процессе упорядочения. Присутствие летучих, по ее мнению, снижает скорость этого процесса.

В. П. Петров (1955) приходит к выводу о том, что «...не температура, а какая-то другая, пока неясная причина приводит к появлению различий в полевых шпатах. Можно предположить, что причиной, сказывающейся на изменении — $2V$ калиевых полевых шпатов, являются тектонические условия» (стр. 20).

По мнению А. С. Марфунина (1962), при рассмотрении геологии процессов упорядочения калиевых полевых шпатов «чрезвычайно трудно учесть долю влияния каждого из таких факторов, как температура, состав полевого шпата, состав породы, давление, стресс, деформация (пластическая и грануляция), способ кристаллизации, скорость охлаждения, скорость замещения, наличие растворов и их состав, возраст породы, тектоническое положение во времени и пространстве». Таким образом, вопрос этот сложный, требующий в каждом конкретном случае своих путей решения.

На примере формации габбро-сиенитов — трахиандезитов авторы настоящей работы попытались подойти к рассмотрению данного вопроса с точки зрения парагенетического анализа. Диаграммы (рис. 21, а и б) построены на основании изучения парагенезисов минералов из различных пород формации габбро-сиенитов — трахиандезитов. Кучное линейное расположение фигуративных точек позволяет наметить области структурного и химического равновесия рассматриваемых минералов.

При анализе этих диаграмм видно, что большим значениям углов оптических осей калиевых полевых шпатов соответствуют меньшие значения — $2V$ сосуществующих с ним амфиболов и большие значения — $2V$ пироксенов. Угол оптических осей калишпата также меняется в зависимости от того, с каким цветным минералом находится он в парагенезисе. При углах — $2V$ более $65-66^\circ$ калишпат в парагенетических ассоциациях с пироксеном не встречается, а при значениях — $2V$ более $72-73^\circ$ он не встречается и с роговой обманкой. Калиевый полевой шпат с — $2V$ от $55-56^\circ$ до $65-66^\circ$ (см. рис. 21, б) или до $72-73^\circ$ (см. рис. 21, а) находится в парагенетических ассоциациях либо с одним пироксеном, либо с обыкновенной роговой обманкой. Иногда в этом интервале значений — $2V$ калишпата наблюдаются его парагенетические ассоциации с пироксеном и амфиболом паргасит-гастингситового ряда (последний в этом случае имеет минимальные значения — $2V = 48-53^\circ$). Область со значениями — $2V$ менее $55-56^\circ$ характеризуется появлением тройных парагенезисов этого минерала с пироксеном и амфиболом. Амфибол, встречающийся здесь в двойных парагенезисах с калишпатами, имеет максимальные величины углов — $2V$. Переход от одной области равновесия к другой (в пределах одной петрографической разности пород) в процессе эволюции калишпатов происходит при уменьшении углов его оптических осей с одновременным уменьшением — $2V$ амфиболов и возрастанием + $2V$ пироксенов (на рис. 21, а и 21, б показано стрелками).

Таким образом, появление определенного типа калишпата внутри формации габбро-сиенитов — трахиандезитов является отражением ус-танавливающегося как структурного, так и химического равновесия в минеральных системах.

Обратимся к анализу калишпатсодержащих парагенетических ассоциаций следующего ряда пород: кварцевые сиениты, монцонигы, интенсивно калишпатизированные и амфиболизированные габбро (на примере массива в бассейне р. Евсейчихи — см. выше раздел «Калиевые полевые шпаты сложных, дифференцированных, массивов», формация габбро-сиенитов — трахиандезитов). Для кварцевых сиенитов характерна ассоциация калишпата с амфиболом и плагиоклазом № 25—31. В зоне реакционного контакта с габброидами, в моноцитах этот минерал находится в парагенетической ассоциации с амфиболом и плагиоклазом № 33—37. В этой зоне фиксируется также появление тройных парагенезисов: калишпат+пироксен+амфибол.

Калиевый полевой шпат сиенитов простых, недифференцированных массивов, в которых подобные реакционные зоны не встречаются, находится в парагенезисе с плагиоклазом № 20—26.

В работах Д. С. Коржинского (1946, 1955) показано, что изменение составов, парагенезисов и последовательности кристаллизации минералов в значительной степени обуславливается изменением активности щелочей в расплаве. По Д. С. Коржинскому, чем больше основность плагиоклаза, находящегося в парагенетических отношениях с ортоклазом, тем выше химический потенциал калия при кристаллизации расплава. В. А. Жариков (1960) говорит еще и о том, что чем выше химический потенциал щелочей, тем более щелочной полевой шпат кристаллизуется одновременно с данным темноцветным минералом. Анализируя физико-химические условия кристаллизации минералов, В. А. Жариков приходит также к выводу о том, что при увеличении химических потенциалов щелочей температура плавления щелочных полевых шпатов повышается.

Используя эти критерии щелочности (возрастание основности плагиоклаза от № 25—31 до № 33—37 в парагенезисах с калишпатом и появление тройных парагенетических ассоциаций: калишпат+пироксен+амфибол), можно сделать вывод о том, что при переходе от сиенитов к габбро в сложных, дифференцированных массивах формации габбро-сиенитов—трахиандезитов происходит возрастание активности щелочей, связанное с процессом магматического замещения габброидов. Активность щелочей в сиенитах этих массивов выше (калишпат-плагиоклаз № 25—31), чем в сиенитах простых, недифференцированных массивов (калишпат+плагиоклаз № 20—26).

Если рассматривать последовательно калиевые полевые шпаты сиенитов простых, недифференцированных массивов, затем калишпаты сиенитов сложных, дифференцированных массивов, монцонитов и метасоматически измененных габбро тех же массивов, то можно видеть закономерное, последовательное уменьшение углов оптических осей этого минерала (см. рис. 16, 17 и табл. 8), а также смену соответствующих парагенезисов.

Таким образом, намечается еще один критерий щелочности магматических и метасоматических процессов: чем выше химический потенциал щелочей, тем меньше угол оптических осей кристаллизующегося калишпата (при прочих равных условиях). Однако пользоваться этим критерием нужно крайне осторожно, учитывая влияние других факторов.

Подобная зависимость наблюдается также в калиевых полевых шпатах других формаций. Например, угол оптических осей калишпата из габбро зоны эндоконтакта массива в районе ключа Начального (формация габбро-гранодиоритов), который находится в парагенезисе с плагиоклазом № 28—30, равен $43\text{--}44^\circ$. Калишпат диоритов — гранодиоритов того же массива с углами $-2V = 51,5\text{--}54,5^\circ$ находится в парагенезисе с плагиоклазом № 22—26. Возрастание активности щелочей в эндоконтактной зоне связано в данном случае с процессом гибридизма в интрузивной камере.

Подводя итог сказанному, можно сделать вывод, что в пределах одной магматической формации (изученного формационного ряда) изменение углов оптических осей калиевых полевых шпатов в значительной степени обуславливается изменением активности щелочей в магме (согласно Б. А. Жарикову, 1960, температуры плавления щелочных полевых шпатов при этом также меняются). Следует оговориться, что такой вывод делается на основе изучения сравнительно молодых (третичных) формаций, интрузивные образования которых имеют в целом гипабиссальный характер.

Сравним теперь калиевые полевые шпаты разных изученных магматических формаций Центральной Камчатки. Как видно из табл. 9, калишпаты пород с близкой основностью (находящиеся в парагенетических ассоциациях с плагиоклазами, имеющих близкую основность: от 20 до 26% *An*) в различных изученных формациях отличаются по значениям характерных максимумов $2V$. Прежде всего фиксируется резкое уменьшение значений этих максимумов при переходе от более древних формаций (габбро-плагиогранитов и габбро-сиенитов — трахиандезитов) к более молодым (габбро-гранодиоритов и гранодиорит-порфириро-дацитов). Для последней формации, кроме того, характерно появление неравновесных генераций калишпата с углами $-2V = 56-5^\circ$ и $-2V = 39,5-42,5^\circ$ (максимум $-2V$ в интервале значений $39,5-42,5^\circ$ на вариационных кривых (см. рис. 20) для пород интрузивной фации является главным).

Наблюдающиеся различия значений $-2V$ калишпатов гранитоидных формаций связаны уже, скорее, с различными условиями становления интрузивных массивов этих формаций и с различным их возрастом. Действительно, при переходе от формации габбро-плагиогранитов (верхнемелового — палеогенового возраста) к формации гранодиорит-порфириро-дацитов (плиоцен-нижнечетвертичного возраста) степень гипабиссальности соответствующих массивов уменьшается.

Формация габбро-сиенитов — трахиандезитов по времени и условиям формирования интрузивных массивов приближается к формациям габбро-плагиогранитов. Однако в целом трудно сравнивать калиевые полевые шпаты этой специфической субщелочной формации с калишпатами гранитоидных формаций.

Характерной особенностью калиевых полевых шпатов формаций габбро-плагиогранитов и габбро-сиенитов — трахиандезитов является четко намечающаяся тенденция к уменьшению углов оптических осей этого минерала в более поздних генерациях одной петрографической разности пород по сравнению с калишпатами формации габбро-гранодиоритов, для которых наблюдается обратная картина. В калиевых полевых шпатах формации гранодиорит-порфириро-дацитов при переходе от менее равновесных к более равновесным генерациям в пределах одной петрографической разности $-2V$ как уменьшается, так и увеличивается.

Возможно, что в первых трех формациях эта тенденция связана с особенностями их петрохимической эволюции. Если образование пород формации габбро-гранодиоритов связано с нормальным ходом кристаллизации щелочноземельной магмы, то формирование пород формации габбро-плагиогранитов происходит в условиях возрастающей натривости (по сравнению со средними типами) и калиевости расплавов пород формации габбро-сиенитов — трахиандезитов — к конечным членам дифференциации.

В нашем распоряжении имеется три полных химических анализа полевых шпатов и десять — на содержание Na_2O , K_2O и CaO (табл. 10, 11), по которым были рассчитаны формулы минералов, а также проведено определение альбитовой (*Ab*), анортитовой (*An*) и ортоклазовой (*Or*) составляющей. На основании расчетов получены фигуративные точки,

которые нанесены на тройную диаграмму *Ab—An—Or* (рис. 22) Ф. Тернера и Дж. Ферхугена (1961). Большинство фигуративных точек изученных полевых шпатов попадает в поле одного полевого шпата, выделенное авторами диаграммы для гипабиссальных интрузивных образований. В поле двух полевых шпатов находится анализ калишпата из

Таблица 10

Химический состав калиевых полевых шпатов из различных пород магматических формаций Центральной Камчатки, %
(Аналитик Т. В. Долгова)

Номер анализа	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	Σ	-2V°
1	63,18		21,23	0,83	—	0,02	0,52	3,10	11,20		0,28	100,36	74—75
3	61,58	0,15	19,93	0,87	0,20	0,39	1,10	1,21	13,76	0,02	0,64	99,85	60—63
13	65,16		19,73	0,83		0,09	0,38	3,10	11,0	—	0,22	100,51	Среднее 52-53

Примечание. 1—обр. 3063/2, калишпат, кварцевый сиенит, формация габбро-сиенитов—трахиандезитов, р. Левая Андриановка; 3—обр. 3905, калишпат, метасоматит в порфиритах, формация габбро-сиенитов—трахиандезитов, перевал Кирганикский; 13—обр. 714, калишпат, пегматит, формация габбро-гранодиоритов, р. Юртинная. Номера анализов здесь и в табл. 11 соответствуют номерам фигуративных точек на рис. 22.

метасоматитов среди порфиритов формации габбро-сиенитов — трахиандезитов (табл. 10, обр. 3905), а также анализ этого минерала из кварцевых сиенитов простого, недифференцированного массива той же формации (табл. 11, 3075-К/61). Очевидно, часть наблюдающихся в калишпатах этих пород микропертитов представлена пертитами замещения.

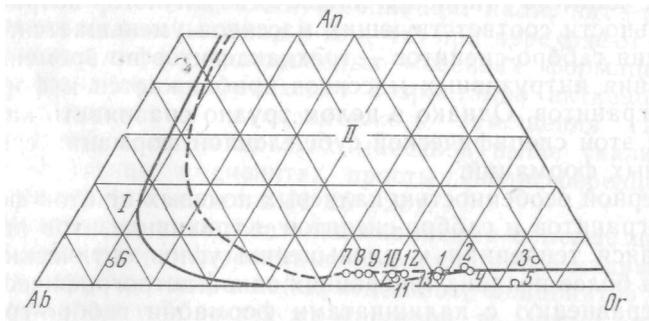


Рис. 22. Диаграмма молекулярных составов изученных полевых шпатов

I — поле одного полевого шпата; *II* — поле двух полевых шпатов. Сплошная линия — гипотетическое пересечение поверхностей солидуса и сольвуса при давлении воды 5000 бар, пунктирное гипотетическое пересечение сольвуса и солидуса при давлении воды, в интрузиях малых глубин — менее 1000 бар давления воды (по Ф. Тернеру и Дж. Ферхугену).

Цифры на рисунке — номера анализов полевых шпатов (см. табл. 10. 11)

Для большинства же пертитов подтверждается сделанный вывод о том, что они являются пертитами распада.

Как видно из диаграммы (см. рис. 22), калишпаты формации габбро-сиенитов—трахиандезитов по сравнению с калишпатами формации габбро-гранодиоритов более калиевые. Они содержат от 68,4 до 83,7% ортоклазовой (молекулы (калишпаты второй формации содержат от 52,8 до 68,7% молекулы ортоклаза). Наиболее калиевые в обеих формациях

