

УДК 548.32

СОСТАВ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ  
ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ ИЗ ВКРАПЛЕННИКОВ  
В ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКИХ ЛАВАХ КАМЧАТКИ

СМЕТАННИКОВА О. Г., ХИСИНА Н. Р., ВОЛЫНЕЦ О. Н.,  
ПАТОКА М. Г.

Получены данные о химическом составе и кристаллохимических особенностях щелочных полевых шпатов из вкрапленников в позднекайнозойских лавах Камчатки (трахиты, щелочные трахиты, комендиты). Изученные полевые шпаты по валовому составу образуют единый ряд с плагиоклазами из вкрапленников в трахитах и трахиандезитах. Наблюдается синхронное изменение состава щелочных полевых шпатов из вкрапленников и состава вмещающих пород, свидетельствующее о нексеногенном происхождении вкрапленников. Изучено структурное и фазовое состояние щелочных полевых шпатов. На основе полученных данных проведена оценка скоростей субсолидусного остывания калий-натриевых полевых шпатов из вкрапленников в комендитах и установлено закономерное понижение скорости остывания от центральной к промежуточной и краевой частям экструзии. На основании этого сделано предположение о том, что экструзия слабо эродирована с сохранением апикальной части.

Вкрапленники щелочных полевых шпатов в позднекайнозойских лавах Камчатки весьма редки. До последнего времени они были описаны только в щелочных базальтоидах Западной Камчатки [1]. В последние годы вкрапленники щелочных полевых шпатов были обнаружены также в средних и кислых плиоцен-четвертичных эффузивах Центральнокамчатского вулканического пояса на вулканах Белоголовском, Нюлкандя, Черпук [2], Укисчан, Кекукнайский. Однако до сих пор отсутствуют какие-либо данные о химическом составе щелочных полевых шпатов, а сведения об их структурном состоянии ограничиваются лишь результатами кристаллооптических исследований. В связи с этим мы предприняли комплексное изучение вариаций состава и структурного состояния щелочных полевых шпатов из позднекайнозойских лав Камчатки на примере щелочных полевых шпатов вулкана Белоголовского, где наиболее полно представлен ряд пород, содержащих вкрапленники этого минерала.

*Геологическое положение и особенности состава лав вулкана Белоголовского.* Вулкан Белоголовский расположен в западной зоне Центральнокамчатского вулканического пояса в 20 км севернее единственного действующего вулкана Срединного хребта — Ичинского. Формирование вулкана происходило в два этапа: на раннем в результате излияний базальт-андезитовых лав сформировался пологий, близкий к щитовому стратовулкан; поздний этап характеризовался внедрением субпластовых тел, даек, экструзий и извержением лав среднего и кислого состава. В целом породы вулкана имеют повышенную щелочность. Для пород раннего этапа характерно существование щелочных и известково-щелочных разностей, тогда как лавы позднего этапа — субщелочные и щелочные. Выделяются следующие разности щелочных и субщелочных пород: щелочной базальт, трахиандезито-базальт, трахиандезит, трахит, кварцевый трахит, щелочной трахит, трахилипарит и комендит. По особенностям химического состава щелочные и субщелочные лавы относятся к K—Na-ряду, причем величина K/Na-отношения несколько возрастает от основных к кислым разностям.

*Характеристика вкрапленников.* Вкрапленники щелочного полевого шпата встречаются в породах с содержанием SiO<sub>2</sub> 60—61%. В более основных разностях щелочной полевой шпат развит лишь в составе основных масс пород, где он образует каемки вокруг микролитов плагиок-

Таблица 1

Химический состав щелочных полевых шпатов из вкрапленников в лавах вулкана Белоголовского

Окисел, (мас. %)	Номер образца						
	6296	42-а	6295/1	523	523-а	М-49	М-44
SiO <sub>2</sub>	65,90	65,80	He onp.	64,22	64,42	He onp.	He onp.
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	»	»
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,64	19,37	He onp.	20,55	19,28	»	»
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32	0,67*	0,00	0,44	0,51	»	»
FeO	0,20	He onp.	0,71	0,40	0,37	»	»
MnO	0,00	Сл.	0,00	0,00	0,00	»	»
MgO	0,00	0,00	He onp.	0,00	0,00	»	»
CaO	0,43	1,20	1,61	1,48	1,92	3,37	4,05
Na <sub>2</sub> O	6,84	6,75	6,75	6,81	6,79	7,38	7,10
K <sub>2</sub> O	6,11	5,83	5,77	5,96	5,79	3,72	3,34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,12	0,07	0,00	0,05	He onp.	He onp.
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,00	He onp.	0,00	0,00	0,00	»	»
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,36	0,54	0,20	0,26	0,30	»	»
Σ	99,82	100,28	He onp.	100,24	99,55	»	»
Ab	61,6	60,0	59,0	59,0	58,3	63,2	60,1
Or	36,3	34,1	33,2	33,9	32,6	20,9	19,8
An	2,1	5,9	7,8	7,1	9,1	15,9	20,1

\* Общее содержание железа в виде Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Анализы выполнены в Институте вулканологии ДВНЦ АН СССР, аналитик Т. В. Долгова, обр. 42-а — аналитик Г. В. Лец.

лаза и реже самостоятельные выделения. Содержание вкрапленников щелочного полевого шпата в отдельных разновидностях средних и кислых пород колеблется от 1–2 до 20–25%, причем максимальные содержания наблюдаются в некоторых щелочных трахитах и комендитах. Обычно вкрапленники щелочного полевого шпата ассоциируют с большим или меньшим количеством вкрапленников плагиоклаза, биотита, клинопироксена, иногда к ним присоединяется оливин, а в других случаях — кварц (в кварцевых трахитах). Отмечаются и однополевошпатовые разности: трахиты с вкрапленниками плагиоклаза, щелочные трахиты и комендиты с вкрапленниками калий–натриевого полевого шпата.

Вкрапленники щелочного полевого шпата имеют размеры от 0,5–1,0 до 5,0–8,0 мм. Формы кристаллов в шлифах широкотаблитчатые, идеоморфные. Трещиноватые и корродированные зерна редки. Отмечаются гломеропорфировые сростки калий–натриевого полевого шпата с олигоклазом, в ряде случаев кристаллы щелочного шпата содержат вроски биотита. Наряду с водяно–прозрачными, чистыми зернами без видимых структур распада встречаются и пертитизированные вкрапленники с вросками олигоклаз–альбита.

Величины углов оптических осей щелочных полевых шпатов лежат в пределах от 40 до 70°, причем преобладающие значения уменьшаются от 60–65° в трахитах до 45–50° в комендитах.

Проведено изучение состава и кристаллохимических особенностей щелочных полевых шпатов из вкрапленников центральной (обр. 6296), промежуточной (обр. 42-а) и краевой (обр. 6295/1) частей экструзии комендитов (диаметр экструзии 1,5–1,7 км), из краевой зоны экструзии щелочных трахитов (обр. 523, 523-а) и центральных частей субластовых тел трахитов мощностью 50–100 м (обр. М-44, М-49). Комендиты и щелочные трахиты относятся к однополевошпатовым разностям, тогда как в трахитах отмечается присутствие двух полевых шпатов. Анализированные щелочные полевые шпаты из трахитов представляют собой крупные вкрапленники, резко отличающиеся по размерам от более мелких фенокристаллов плагиоклаза.

*Вариации состава.* Данные химических анализов описанных выше щелочных полевых шпатов из лав вулкана Белоголовского приведены в табл. 1 и 2. Во всех полевых шпатах содержание альбитового компонента остается довольно стабильным (58–63%). Существенные вари-

ции наблюдаются в содержании ортоклазового (19–36%) и анортитового (2–20%) компонентов. Максимальное количество анортитового компонента содержится в щелочных полевых шпатах из вкрапленников в трахитах (15–20%) и закономерно уменьшается к щелочным трахитам (7–9%) и комендитам (2–8%) (рис.1). В пределах экструзии комендитов содержание анортитового компонента в щелочных полевых шпатах увеличивается от центральных частей (2%) к краевым (6–8%).

Вариации состава щелочных полевых шпатов как в отношении основных компонентов, так и элементов-примесей соответствуют изменению концентрации этих элементов в валовых составах пород. Так, комендиты по сравнению с щелочными трахитами обеднены Ca, Fe, Ti,

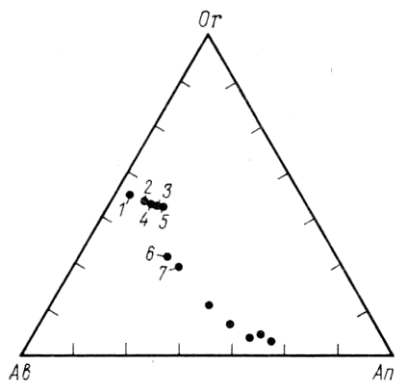


Рис. 1. Состав полевых шпатов из вкрапленников средних и кислых щелочных пород вулкана Белоголовского. Образцы: 1 — 6296; 2 — 42-а; 3 — 6295/1; 4 — 523; 5 — 523-а; 6 — М-49; 7 — М-44

Ва и Sr, обогащены Rb и имеют более низкие K/Rb-отношения. Аналогичные отличия наблюдаются и в составах щелочных полевых шпатов из этих групп пород (табл. 2). При этом разница в содержании микроэлементов в минералах проявляется значительно более резко, чем в валовых составах пород. Например, при отличии средних составов пород по концентрации бария в 4–7 раз щелочные полевые шпаты из них отличаются по этой характеристике в 20–22 раза. Следует отметить также, что величины K/Rb-отношений в щелочных полевых шпатах немного (в 3–3,5 раза) превышают таковые для валовых составов пород.

*Кристаллохимические особенности.* Кристаллохимические особенности калий-натриевых полевых шпатов были изучены с помощью электронно-микроскопических и рентгенографических методов.

Электронно-микроскопическое исследование проводили на электронном микроскопе-микроанализаторе ЭММА-2 в режиме работы электронного микроскопа при ускоряющем напряжении 75 и 100 кВ. Препараты готовили методом суспензий с использованием углеродной пленки в качестве подложки. Было установлено, что щелочные полевые шпаты из трахитов и щелочных трахитов — гомогенные, а щелочные полевые шпаты из комендитов представляют собой структуры распада твердого раствора, образованные ламелями натриевой и калиевой фаз. В образцах из краевой и промежуточной частей экструзии комендитов, обе сосуществующие фазы моноклинные, несдвоенные, плоскость срастания фаз соответствует плоскости (601), масштаб структур распада

Таблица 2

Содержание Na, K и некоторых редких элементов в щелочных трахитах и комендитах, а также во вкрапленниках калий-натриевых полевых шпатов из этих пород

Вмещающая порода	№ образца	Na	K	Rb	Li	Ba	Sr	Be	K/Rb	Ba/Sr
		мас. %		г/г						
Комендит (10 анализов) То же »	Анализ породы	3,92	3,91	118	24	185	50	5,4	332	3,7
	6296	4,80	4,78	53	130	140	29	0,85	902	4,8
	42-а	5,08	4,58	47	18	—	—	0,75	974	—
Щелочной трахит (5 анализов) » »	Анализ породы	4,17	4,08	81,6	27	860	225	3,3	500	3,8
	523-а	4,67	4,38	26	21	3100	240	—	1685	12,9
	523	4,67	4,37	23	22	2800	180	—	1900	15,5

Примечание. Анализы выполнены в ГЕОХИ СО АН СССР. Na, K, Rb, Li — методом пламенной фотометрии; Ba, Sr, Be — методом количественного спектрального анализа.

да  $\lambda$  (суммарная ширина Na- и K-ламелей) составляет 400 Å. В образце из центральной части экструзии обе сосуществующие фазы триклинные, наблюдается двойникование по альбитовому закону всего объема кристалла. Плоскость срастания фаз ( $\bar{2}01$ ),  $\lambda$  300 Å [3].

Рентгеновское исследование калий-натриевых полевых шпатов проводили на дифрактометре ДРОН-2,0 ( $\text{Cu}_{K\alpha}$ , 35 кВ, 20 мА), скорость движения счетчика 0,5°/мин, скорость движения диаграммной ленты 2400 мм/ч, шкала 400 импульсов, постоянная времени 5 с. В качестве внутреннего эталона использовали  $\text{KBrO}_3$  ( $2\theta = 20, 212^\circ$ ) и германий ( $\alpha = 5,6571 \text{ \AA}$ ).

Рассмотрим кристаллохимические отличия щелочных полевых шпатов из трахитов, щелочных трахитов и комендитов.

Полевые шпаты из трахитов являются тройными полевыми шпатами с содержанием анортитовой составляющей до 21%. Электронно-микроскопическое исследование образцов М-44 и М-49 не обнаружило в них структур распада твердого раствора. Рентгенографическое изучение этих образцов выявило необычный характер их дифракционной картины. На рентгенограммах наблюдается присутствие одного дифракционного максимума  $\bar{2}01$  и расщепление дифракционных максимумов 060 ( $2\theta \sim 42^\circ$ ) (рис. 2, а, б); в более далекой области углов  $2\theta$  дифракционные максимумы становятся слабыми по интенсивности и крайне диффузными, и измерение положения максимума  $\bar{2}04$  оказывается практически невозможным (рис. 2, в).

Щелочные полевые шпаты из вкрапленников в щелочных трахитах являются гомогенными. Для характеристики их структурного состояния ( $2t_1$ ) использовано положение дифракционных максимумов 060 и  $\bar{2}04$  [4]. Исследованные калий-натриевые полевые шпаты (обр. 523, 523-а) являются триклинными: по составу и структурному состоянию данные образцы могут быть отнесены к анортоклазам. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Щелочные полевые шпаты из вкрапленников в комендитах по данным электронно-микроскопического исследования являются криптопертитами. Порошковые рентгенограммы от этих образцов (№ 6296, 6295/1, 42-а) имеют ряд особенностей. На рентгенограммах присутствуют два дифракционных максимума  $\bar{2}01$ , соответствующие калиевой и натриевой фазам (рис. 2, а), в то время как не наблюдается расщепления дифракционных максимумов 060 и  $\bar{2}04$  (рис. 2, б, в). Установленные аномалии дифракционной картины от криптопертитов объясняются возникновением упругих напряжений в решетке при когерентном срастании фаз. Связанные с этим вопросы подробно рассмотрены в работе [3]. Составы сосуществующих фаз в криптопертитах приведены в табл. 4. Состав калиевой фазы определен по объему элементарной ячейки [5], натриевой фазы — по методу Робина [6]; объемы элементарных ячеек сосуществующих фаз рассчитаны на основе параметров элементарной ячейки, определенных с использованием набора отражений  $\bar{2}01$ , 002, 060, 204 [3]. Al—Si-упорядоченность для этих образцов определена по положению дифракционных максимумов 060 и  $\bar{2}04$  [4]. Полученные результаты приведены в табл. 4. По структурному состоянию калий-натриевые полевые шпаты из экструзии комендитов несущественно отличаются друг от друга ( $2t_1$  0,60—0,61) и могут быть отнесены к промежуточным санидинам. Калий-натриевые полевые шпаты из краевой и промежуточной зон экструзии имеют сходные составы и размер сосуществующих фаз ( $\lambda$  400 Å, калиевая фаза содержит 12—18% *Ab*, натриевая 12% *Or*). Калий-натриевый полевой шпат из центральной части экструзии характеризуется более высоким содержанием ортоклазового компонента в натриевой фазе (20% *Or*), а также меньшими размерами сосуществующих фаз ( $\lambda$  300 Å).

*Скорости субсолидусного остывания.* Если распад твердого раствора осуществляется в условиях непрерывного остывания, особенности струк-

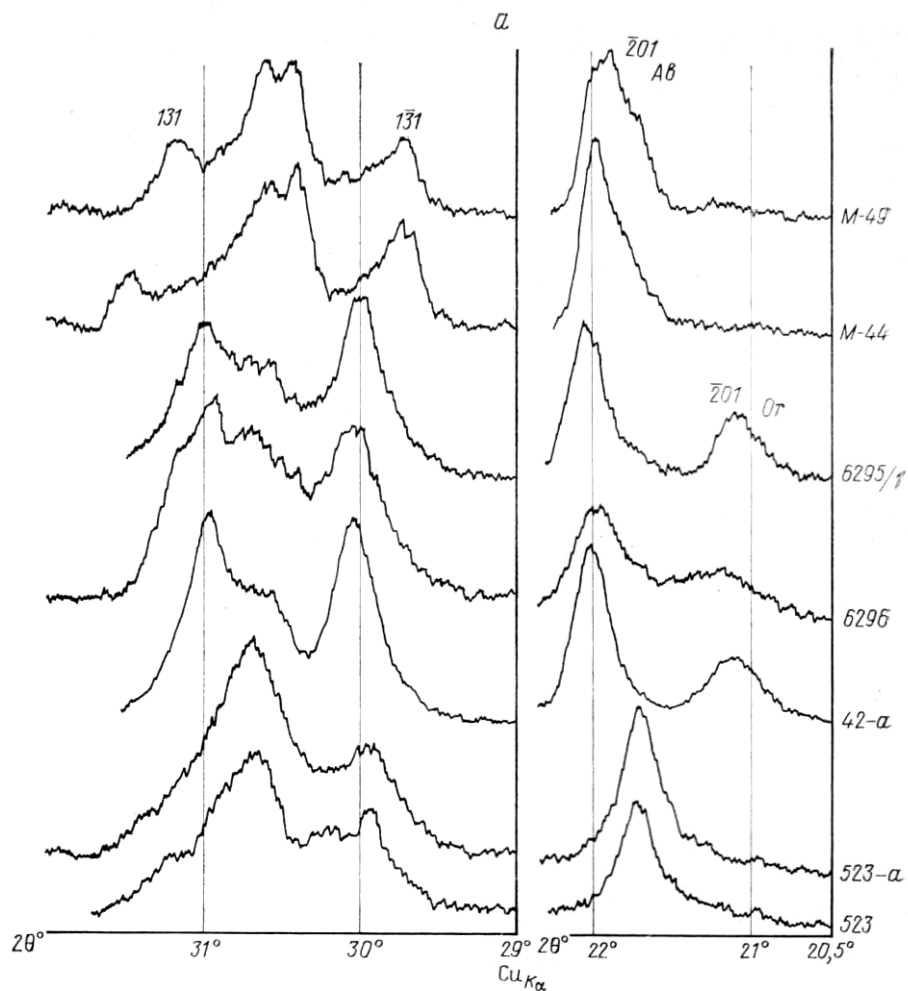


Рис. 2. Участки дифрактограмм щелочных полевых шпатов из вкрапленников в позднекайнозойских лавах Камчатки  
*a* — область отражений  $\bar{2}01$  и  $131$ ; *б* — область отражений  $060$ ; *в* — область отражений  $\bar{2}04$

тур распада (размеры сосуществующих фаз и их состав) будут зависеть от соотношений скоростей твердофазовых превращений и скоростей процесса остывания. Это позволяет использовать характеристики структур распада для оценки скоростей субсолидусного остывания минерала [7]. Оценочные значения линейной скорости ( $v$ ) субсолидусно-

Таблица 3

Данные рентгенографического изучения калий – натриевых полевых шпатов из вкрапленников в щелочных трахитах и комендитах

Порода	№ образца	$2\theta_{\bar{2}01}$	$2\theta_{060}$	$2\theta_{\bar{2}04}$	$2t_1$
Щелочной трахит	523	21,62	—	—	0,59
»	523-a	21,61	—	—	0,59
Комендит	6295/1	21,02*	41,85	51,04	0,60
»	»	21,99**	41,82	51,01	0,63
»	6296	21,14*	41,82	51,01	0,63
»	»	21,92**	41,82	51,01	0,63
»	42-a	21,07*	41,82	51,00	0,62
»	»	21,97**	41,82	51,00	0,62

\* К-фаза.  
 \*\* Na-фаза

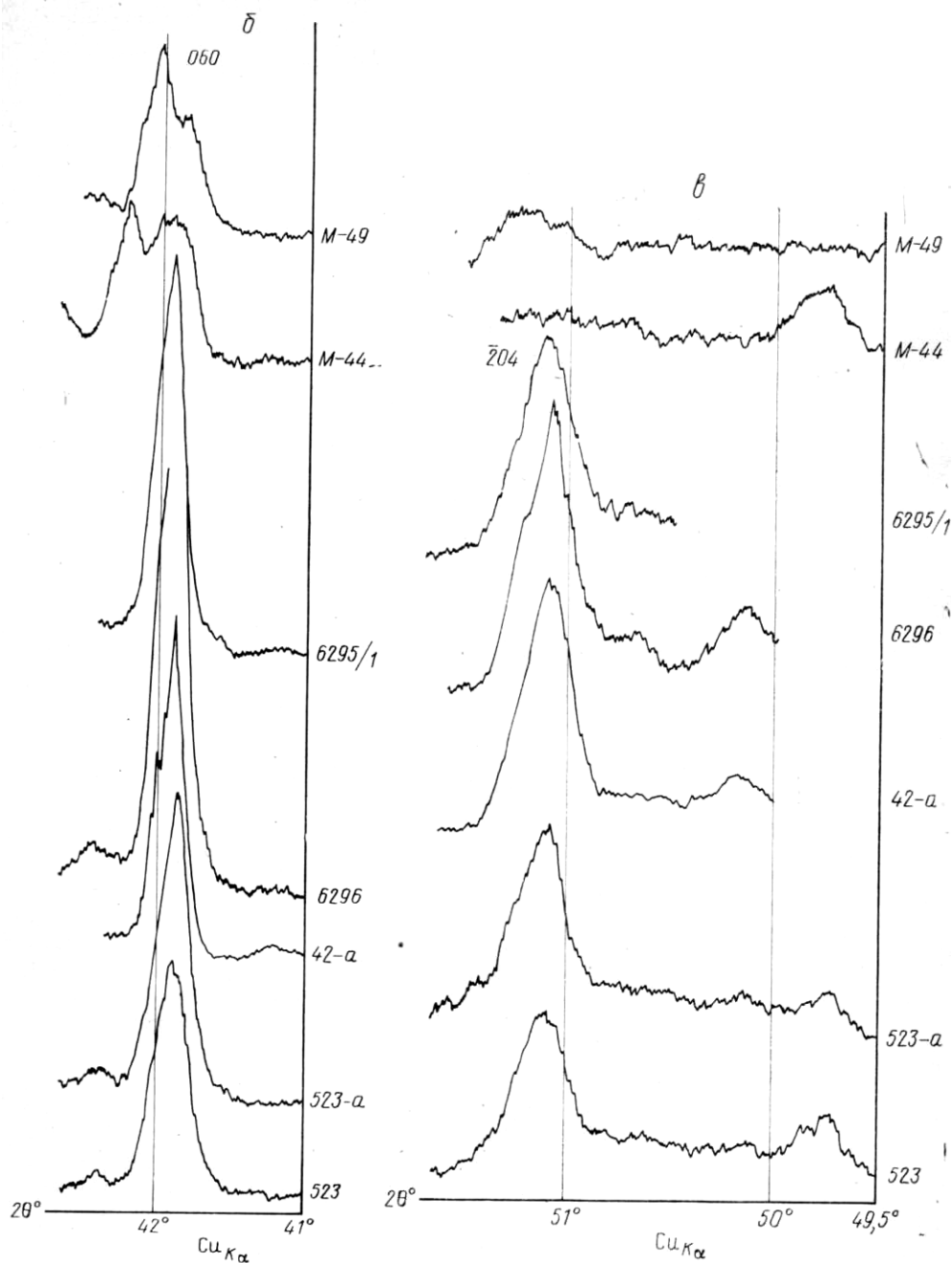


Рис. 2, а, б, в

го остывания минерала могут быть получены для определенного интервала температур:

$$v = \frac{T_1 - T_2}{t}, \quad (1)$$

где  $T_1$  — начальная температура процесса распада, определяемая из фазовой диаграммы как температура сольвуса для данного валового состава минерала;  $T_2$  — конечная температура процесса распада, определяемая из соответствующей фазовой диаграммы по составу сосуществующих фаз в криптопертитах.

Существование когерентных границ между сосуществующими фазами в изученных калий-натриевых полевых шпатах из экструзии комендитов указывает на то, что распад происходил либо по спинодальному

Характеристики распада твердого раствора и скорости остывания криноптеритов щелочных полевых шпатов из вкрапленников в комендитах

№ образца	Состав сосуществующих фаз		$T_1^0, \text{C}$	$T_2$ (средняя), $^{\circ}\text{C}$	$\lambda, \text{Å}$	t, лет	$v, \text{град/год}$
	К-фаза	Na-фаза					
6295/1	$Or_{88}Ab_{12}$	$Or_{12}Ab_{88}$	910	$430 \pm 70$	400	3884	0,1
6296	$Or_{85}Ab_{15}$	$Or_{20}Ab_{80}$	710	$480 \pm 90$	300	7,5	31
42-а	$Or_{82}Ab_{18}$	$Or_{12}Ab_{88}$	820	$460 \pm 40$	400	405	0,9

механизму, либо по механизму гомогенного зарождения и роста; следовательно, температура  $T_2$  должна в таком случае определяться по когерентной спинодали или по когерентному сольвусу. При расчете за основу мы взяли значения  $T_2$ , определенные по когерентному сольвусу.

Время субсолидусного остывания (t) в интервале температур  $T_1$ – $T_2$  определено по уравнению [8], описывающему кинетику укрупнения ламелей в изотермическом процессе:

$$\lambda = \lambda_0 + kt^{1/3}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  — размер сосуществующих фаз, полученный по данным электронно-микроскопических исследований;  $\lambda_0$  — начальный размер сосуществующих фаз;  $k$  — константа скорости укрупнения ламелей в процессе распада.

Температурная зависимость  $k$  описывается уравнением Аррениуса:

$$k = k_0 \exp(-Q/RT), \quad (3)$$

где  $Q$  — энергия активации;  $k_0$  — предэкспоненциальный множитель. Величины  $Q$  и  $k_0$  для щелочных полевых шпатов определены Юндом и Дэвидсоном [8] ( $Q$  25000 кал/моль,  $k_0 = 1,78 \cdot 10^8$ ). Для величины  $\lambda_0$  мы приняли значение 60 Å [9]. Величина  $k$  в уравнении (2,3) определяется при значении  $T = T_2$ .

Температура сольвуса  $T_1$  для исследованных образцов определена с учетом содержания анортитового компонента, существенно увеличивающего критическую температуру сольвуса [10, 11]. По графику, предложенному Пирсоном [11], введена поправка на содержание анортитового компонента в критическую температуру сольвуса и полученные данные приведены в табл. 4.

*Обсуждение результатов.* Проведенное изучение вариаций химического состава и кристаллохимических особенностей калий-натриевых полевых шпатов из вкрапленников в позднекайнозойских лавах Камчатки показывает синхронное изменение состава щелочных полевых шпатов и вмещающих их пород. По валовому составу изученные калий-натриевые полевые шпаты из трахитов, щелочных трахитов и комендитов образуют единый ряд с плагиоклазами из вкрапленников в трахитах и трахиандезитах, не содержащих калий-натриевого полевого шпата (рис. 1). В полевых шпатах этого ряда в основном меняется только соотношение ортоклазового и анортитового компонентов, тогда как содержание альбитового компонента остается практически постоянным. Это обстоятельство наряду с существованием зависимости в содержании ряда микроэлементов в калий-натриевых полевых шпатах и валовых составах пород свидетельствует скорее всего о том, что вкрапленники калий-натриевого полевого шпата не являются ксеногенными по отношению к содержащим их породам.

Сопоставление кристаллохимических особенностей щелочных полевых шпатов из вкрапленников в трахитах, щелочных трахитах и комендитах указывает на некоторые различия в условиях их образования.

Щелочные полевые шпаты из трахитов образуют отдельную группу. По составу они относятся к тройным полевым шпатам, а по структурно-мю состоянию — к неупорядоченным разновидностям.

Щелочные полевые шпаты из щелочных трахитов и комендитов имеют сходные состав (~33% *Or*) и Al—Si-упорядоченность ( $2t_1$  0,59 —

0,62), но щелочные полевые шпаты из трахитов — гомогенные, а из комендитов — криптопертиты. Это может объясняться более высокими скоростями охлаждения щелочных трахитов по сравнению с комендитами в той области температур, в которой происходит распад калий-натриевых шпатов (рис. 3).

Интересно отметить, что щелочные полевые шпаты из вкрапленников из различных частей (краевой, промежуточной, центральной) экструзии комендитов, практически не отличающиеся по содержанию элементов-примесей, существенно различны по содержанию анортитового компонента, а также по симметрии, составу, размерам и ориентировке сосуществующих фаз. Полевые шпаты в краевой и промежуточной частях экструзии по сравнению с полевыми шпатами из центральной части экструзии обогащены анортитовым компонентом; сосуществующие фазы в них моноклинные, имеют большой масштаб  $\lambda$ , натриевая фаза характеризуется меньшим содержанием ортоклазового компонента. Проведенная на основе полученных данных о составе и размерах сосуществующих фаз оценка скоростей субсолидусного остывания калий-натриевых полевых шпатов из комендитов указывает на закономерное понижение скоростей остывания от центральных к промежуточным и краевым частям

экструзии. Полученные данные позволяют предположить, что экструзия слабо эродирована с сохранением апикальной (вершинной) части.

Структура распада, установленная в обр. 6296 из центральной части экструзии комендитов, аналогична структуре распада, описанной в мегакристалле калий-натриевого полевого шпата из щелочных оливиновых базальтов Забайкалья [12]. Следует отметить, что образование в щелочных полевых шпатах структур распада, имеющих ориентировку ламелей ( $\bar{2}01$ ) и развивающихся после триклинизации и двойникования кристалла, является необычным и вопрос о причинах такой последовательности фазовых превращений в калий-натриевых полевых шпатах пока остается открытым.

#### ВЫВОДЫ

1. Изученные щелочные полевые шпаты образуют по валовому составу единый ряд с плагиоклазами из вкрапленников в трахитах и трахиандезитах. Наблюдается синхронное изменение состава щелочных полевых шпатов из вкрапленников и состава вмещающих пород, свидетельствующее о нексеногенном происхождении вкрапленников.

2. Щелочные полевые шпаты из вкрапленников в трахитах являются тройными полевыми шпатами с неупорядоченным распределением. Щелочные полевые шпаты из вкрапленников в щелочных трахитах и комендитах по составу и структурному состоянию не имеют различий (анортотоклазы), однако первые являются гомогенными, а полевые шпаты из комендитов представлены криптопертитами. Это может свидетельствовать о более высоких скоростях субсолидусного остывания щелочных трахитов по сравнению с комендитами.

3. На основе полученных данных проведена оценка скоростей субсолидусного остывания калий-натриевых полевых шпатов из вкрапленников в комендитах и установлено закономерное понижение скорости остывания от центральных к промежуточной и краевой частям экструзии. Вероятно, эти данные могут быть использованы для оценки степени

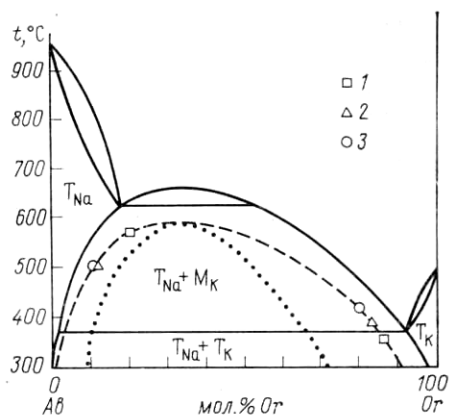


Рис. 3. Фазовая диаграмма щелочных полевых шпатов при давлении 1 кбар [6] Образцы: 1 — 6295/1; 2 — 6296; 3 — 42-а



эродированности магматического тела и позволяют предположить, что экструзия комендитов слабо эродирована с сохранением апикальной части.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гузиев И. С. Щелочная оливин-базальтовая формация Западной Камчатки.— В кн.: Вулканизм и геохимия его продуктов. М.: Наука, 1967, с. 126.
2. Патока М. Г., Успенский В. С. Кислые субщелочные и щелочные породы Центральной Камчатки. — Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 6, с. 1168.
3. Сметанникова О. Г., Каменцев И. Е., Хисина Н. Р. Особенности определения состава и Al—Si - упорядоченности в криптопертах щелочных полевых шпатов.— Геохимия, 1982.
4. Каменцев И. Е., Сметанникова О. Г. Определение Al—Si - упорядоченности и состава полевых шпатов методом порошка. — Зап. Всес. Минер. о-ва, 1977, № 4, с. 476.
5. Stewart D. B., Wright T. L. Al—Si order and symmetry of natural potassic feldspars and the relationship of strained cell parameters to bulk composition. — Bull. Soc. Franc. Miner. Crist., 1974, v. 97, № 2—5, p. 356.
6. Robin Y. P. F. Stress and strain in cryptoperthite lamellae and the coherent solvus of alkali feldspars. — Amer. Miner., 1974, v. 59, p. 1299.
7. Хисина Н. Р. Оценка скоростей субсолидусного остывания титано-магнетитов на основе параметров распада твердого раствора. — Геохимия, 1979, № 5, с. 704.
8. Yund R. A., Davidson P. Kinetics of lamellae coarsening in cryptoperthites. — Amer. Miner., 1978, v. 63, p. 470.
9. Yund R. A., Chapple W. M. Thermal histories of two lava flows estimated from cryptoperthite lamellar spacings. — Amer. Miner., 1980, v. 65, p. 438.
10. Seck H. A. Koexistierende Alkali-feldspate und Plagioklase im System  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  —  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  —  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  —  $\text{H}_2\text{O}$  bei temperaturen von  $650^\circ\text{C}$  bis  $900^\circ\text{C}$ .—Neues Jahrb. Miner. Abh., 1971, v. 115, p. 395.
11. Parsons J. Feldspars and fluids in cooling plutons. — Miner. Mag., 1978, v. 42, № 321, p. 1.
12. Хисина Н. Р., Бочкаев Ф. И. О необычном характере ориентации структур распада и последовательности фазовых превращений в K—Na полевым шпате. — Докл. АН СССР, 1980, т. 255, № 3, с. 722.

Ленинградский государственный университет,  
Институт геохимии и аналитической  
химии АН СССР, Москва  
Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР,  
Петропавловск - Камчатский,  
Геологическое объединение «Камчатгеология»

Поступила в редакцию  
15.VI.1981

#### COMPOSITION AND STRUCTURAL PECULIARITIES OF ALKALI FELDSPARS FROM PHENOCRYSTS IN THE LATE CENOZOIC LAVAS OF KAMCHATKA

SMETANNIKOVA O. G., KHISINA N. R., VOLYNETS O. N., PATOKA M. G.

The data on chemical composition and crystallochemical peculiarities of alkali feldspars from phenocrysts in the Late Cenozoic lavas of Kamchatka (trachytes, alkali trachytes, comendites) were obtained. Studied feldspars according to their bulk composition form an indivisible sequence with plagioclases from phenocrysts in trachytes and trachyandesites. Contemporaneous variation of composition of alkali feldspars from the phenocrysts and composition of country rocks is observed that is an evidence of non-xenogenic origin of the phenocrysts. Structural and phase composition of alkali feldspars was studied. Based on the data obtained an estimation of subsolidus cooling rates of K-Na feldspars was made and regular lowering of the cooling rate from central to intermediate and edge parts of the extrusion was revealed. Based on this conclusion a supposition was made that the extrusion is slightly eroded and its apical part is still preserved.