УДК 552.3, 552.11

Д.А.ПЕТРОВ
Аспирант кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ В ГРАНИТАХ САЛМИНСКОГО МАССИВА

Изучение внутренней структуры и состава полевых шпатов в гранитах необходимо для понимания истории кристаллизации породы. Для исследования полевых шпатов гранитов рапакиви Салминского массива (Карелия) использовались методы рентгеновской дифрактометрии, катодолюминесценции и микрозондового анализа. Установлено, что щелочной полевой шпат гранитов рапакиви представляет собой смесь моноклинной и триклинной фаз, причем соотношение этих фаз неодинаковое в разных типах гранитов. Для крупных овоидных кристаллов характерна зона мирмектитовых срастаний, отвечающая по составу кварц-полевошпатовой эвтектике. В плагиоклазах с помощью катодолюминесценции и микрозондового анализа были установлены зональность по составу и два типа альбитизации.

Some samples of rapakivi granites from Salmi massif (Karelia) were investigated. The inner structure and the composition of feldspars in granites are necessary for understanding of the crystallization paths of this rock. X-ray diffractometry, cathode luminescence (CL) and microprobe analyzes were used in this study. It was found, that alkali feldspar from rapakivi granites is mixture of monoclinic and triclinic phases, and the ratio of these phases is various for different types of granites. A mirmektite zone corresponding of quartz-feldspar eutectic composition is typical for large ovoid crystals. CL and microprobe detected a compositional zoning and two types of albitization in plagioclases.

Салминский гранитный массив в Южной Карелии является одним из наиболее крупных и в то же время типичных массивов формации гранитов рапакиви. Как и большинство плутонов этой формации, массив является многофазным: кроме собственно гранитов рапакиви (выборгитов и питерлитов) он включает в себя тела порфировидных и непорфировидных биотитовых гранитов, гранит-порфиров, монцонитов, граносиенитов и щелочных гранитов. Возраст различных фаз составляет от 1549 (монцониты) до 1535 млн лет (щелочные граниты) [3]. Несмотря на хорошую геологическую, геофизическую и геохимическую изученность Салминского массива, многие вопросы петрологии слагающих его гранитов изучены достаточно слабо, что не позволяет достоверно воссоздать историю формирования этих пород.

Поскольку более 60 % объема гранитов составляют полевые шпаты (как щелочные, так и плагиоклазы), именно типоморфные особенности этих минералов могут дать важную информацию об условиях и истории образования гранитов. Для изучения была выбрана северная часть плутона, где распространены две разновидности гранитов – питерлиты и биотитовые.

Питерлиты – биотит-роговообманковые овоидные граниты, главным отличием которых от «классических» гранитов рапакиви (выборгитов) является отсутствие плагиоклазовой оторочки вокруг овоидов щелочного полевого шпата. Вместе с тем для этих овоидов крайне характерны гранофировые срастания с кварцем в краевой части овоидов. Внутренняя граница зоны весьма четкая, ровная и часто повторяет идиоморфные грани полевого шпата; внешняя граница, напротив, размыта и постепенно переходит в основную массу. Содержание кварца в срастаниях 22-25 % по объему, что приближается к составу кварц-полевошпатовой эвтектики [4]. Плагиоклаз в питерлитах уступает по количеству щелочному полевому

шпату и представлен тремя разновидностями: крупные, сильно измененные кристаллы в ядрах овоидов, небольшие гипидиоморфные кристаллы в основной массе (по составу соответствуют олигоклазу № 15-18) и пертитовые вростки. Последние характерны только для центральных частей овоидов; зона гранофировых срастаний и щелочные полевые шпаты основной массы лишены пертитов. По мере приближения к контакту с вмещающими породами количество порфировых вкрапленников в питерлитах постепенно снижается, а зернистость основной массы уменьшается до 0,1-0,05 мм. Эти породы (далее – мелкозернистые питерлиты) можно рассматривать как фациальную разновидность питерлитов. Наряду с ними встречаются питерлиты, подвергшиеся кремне-калиевому метасоматозу с собирательной перекристаллизацией основной массы и превращенные в аляскитоподобные породы [1].

Биотитовые граниты слагают северо-западную часть массива. Предполагается, что именно с их внедрением связан кремне-калиевый метасоматоз в питерлитах. Среди биотитовых гранитов присутствуют как порфировидные, так и практически равнозернистые разновидности. В отличие от питерлитов, порфировые вкрапленники полевых шпатов часто имеют идиоморфные очертания и представлены не только щелочным полевым шпатом, но и плагиоклазом. Гранофировые срастания с кварцем нехарактерны, пертиты часто несут следы собирательной перекристаллизации, обладают частично идиоморфными гранями. Встречаются также мелкие (около 0,05 мм) идиоморфные кристаллы альбита, беспорядочно ориентированные внутри порфировых вкрапленников и за их пределами.

Для измерения Al-Si-упорядоченности были отобраны монофракции щелочного полевого шпата из мелкозернистых питерлитов, измененных (аляскитизированных) питерлитов и биотиовых гранитов, причем для мелкозернистых питерлитов удалось отобрать отдельные пробы из порфировых вкрапленников и основной массы. Al-Si-упорядоченность определялась методом порошка [2]. Эта методика позволяет определить два параметра, однозначно характеризующих структуру полевого шпата: степень триклинности (Δp) и моноклинную упорядоченность калиевых полевых шпатов. Измерения проводились в лаборатории Фрайбергской горной академии (Германия) на рентгеновском дифрактометре XRD 300 TT, материал анода – медь, напряжение – 40 кВ, ток – 40 мА. Результаты расчетов приведены в таблице.

Расчет моноклинной и триклинной упорядоченности полевых шпатов

Образец		Фазы	$\Delta 2\theta_{(131)-(1\text{-}31)}$	$2\theta_{060}$	$2\theta_{-204}$	$t_1 0$	$t_1 m$	$t_2 0 = t_2 m$	Mic/Ort
Биотитовый гранит		Mic	0,48	41,77	50,64	0,74	0,13	0,06	1,34
		Ort	–	41,79	50,66	0,43	0,43	0,07	
Питерлит мелкозернистый	Вкрапленники	Mic	0,24	41,79	50,66	0,59	0,28	0,06	0,98
		Ort	–	41,77	50,68	0,42	0,42	0,08	
	Основная масса	Mic	0,63	41,80	50,68	0,83	0,04	0,07	0,32
		Ort	–	41,77	50,65	0,43	0,43	0,07	
Питерлит измененный		Mic	0,32	41,80	50,64	0,65	0,25	0,05	0,87
		Ort	–	41,76	50,68	0,42	0,42	0,08	

В результате измерений обнаружено, что щелочные полевые шпаты во всех четырех пробах представлены смесью моноклинной фазы (ортоклаза) и триклинной фазы (микроклина). Соотношения этих двух фаз неодинаковы в разных образцах – микроклин преобладает над ортоклазом в биотитовом порфировидном граните и значительно уступает ему в основной массе мелкозернистого питерлита. В порфировых вкрапленниках питерлита, как и в измененной разности, количество двух фаз примерно равное.

При практически одинаковом значении моноклинной упорядоченности, триклинная упорядоченность в микроклине из разных проб значительно различается. Наиболее упорядочен микроклин в основной массе мелкозернистого питерлита (т.е. там, где его меньше всего), а наименьшая степень упорядоченности характерна для порфировых вкрапленников того же образца. Таким образом, доля микроклина в полевом шпате и степень его упорядоченности не обнаруживают четкой связи.

Для определения внутреннего строения кристаллов и вариаций составов полевых шпатов применялась катодолюминесцентная микроскопия (КЛ) и микрозондовый анализ. Измерения КЛ производились на покрытых углеродом, прозрачно-полированных шлифах на КЛ-микроскопе с «горячим катодом» HC1-LM. Также применялась КЛ микроскопия в сканирующем электронном микроскопе JEOL. Такой подход позволяет одновременно с получением спектра КЛ делать полуколичественный анализ изучаемой минеральной фазы с помощью микрозонда.

Для щелочного полевого шпата из питерлитов, в центральной части овоидов (и в основной массе) характерна относительно чистая сине-фиолетовая КЛ, зональности не обнаружено. По химическому составу это практически чистый калиевый полевой шпат (характерны очень низкие содержания Na). Вдоль трещин КЛ приобретает зеленовато-коричневый цвет (вероятно, это связано с замещением вторичными минералами). При малых увеличениях видна более темная окраска зоны гранофировых срастаний с кварцем. В отличие от центральной части вкрапленника, эта зона содержит много Na (до 50 %). В мелкозернистом питерлите щелочной полевой шпат такой же, как и в центральной части овоидов стандартного питерлита (сине-фиолетовая КЛ с побурением и гашением вдоль трещин). В калиевых полевых шпатах биотитовых гранитов заметна зональность в некоторых частях зерен, а также блочное строение.

Для плагиоклаза очень характерны зональные зерна, особенно в биотитовых гранитах. Ядра таких зерен незональные с зеленым цветом КЛ, по составу соответствуют плагиоклазу № 17-18. Они обрастают практически чистым альбитом с синей люминесценцией (часто с хорошо заметной зональностью). Такое строение одинаково для достаточно крупных зерен плагиоклаза, внутри вкрапленников щелочных полевых шпатов и в основной массе породы. В первом случае в калиевом полевом шпате видны трещины, соединяющие разные зерна плагиоклаза и заполненные тем же альбитом, и отдельные зерна новообразованного альбита (целиком синие, без зеленого ядра). Во втором случае два соприкасающихся олигоклазовых ядра могут иметь общую альбитовую оболочку. При больших увеличениях видны тонкие жилки замещения в ядре. Зеленая ядерная зона во многих крупных кристаллах (как в питерлитах, так и в биотитовых гранитах), замещается нелюминесцирующим альбитом (совместно с которым присутствует вторичный апатит с желтой люминесценцией).

Обобщая все вышеприведенные результаты, можно примерно реконструировать историю формирования гранитов Салминского массива. Для питерлитов можно предположить начало роста крупных кристаллов (овоидов) щелочного полевого шпата из расплава на большой глубине. Второй этап сопровождался подъемом магмы на приповерхностные уровни с резким падением давления, что благоприятствовало быстрой кристаллизации кварц-полевошпатовой эвтектики, в результате которой на ранее образованных овоидах появилась гранофировая оторочка. На третьем этапе формирования питерлиты подверглись неравномерному, местами очень интенсивному кремний-калиевому метасоматозу. Исходя из принятой последовательности внедрения фаз Салминского массива [1, 3], этот метасоматоз обусловлен воздействием более поздних биотитовых гранитов. Последние, в свою очередь, подверглись натриевому метасоматозу (в большей степени, нежели питерлиты), что выразилось в появлении двух генераций альбита: более ранней, нарастающей на зерна олигоклаза, и поздней, совместно с апатитом

замещающей их центральные части. Источником натрия в этом случае могли стать наиболее поздние порции расплава, из которых также кристаллизовались самые молодые в этой части массива альбитовые граниты [1].

Работа выполнена при поддержке Американского фонда гражданских исследований и развития (грант Y1-G-15-01), Министерства образования и науки РФ и Германской службы академических обменов (DAAD) (грант РНП 2.2.2.3.9636), РФФИ (грант 06-05-64312а).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бескин С.М.* Строение Питкярантского гранитного массива в Северном Приладожье (Карелия) / С.М.Бескин, Э.Н.Лишневский, М.И.Диденко // Изв. АН СССР. Серия геологическая. 1983. № 3. С.19-26.

2. *Каменцев И.Е.* Определение Al-Si-упорядоченности и состава полевых шпатов методом порошка / И.Е.Каменцев, О.Г.Сметанникова // ЗВМО. 1977. № 4. С.476-481.

3. *Amelin Yu.V.* Chronology of multiphase emplacement of the Salmi rapakivi granite-anorthosite complex, Baltic Shield: implications for magmatic evolution / Yu.V.Amelin, A.M.Larin, R.D.Tucker // Contrib. Mineral. Petrol. 1997. V.127. P.353-368.

4. *Smith J.V.* Feldspar minerals. Chemical and textural properties. Heidelberg, N.-Y., 1974. 627 p.

Научный руководитель д-р г.-м. н. проф. *Ю.Б.Марин*