

Щелочные породы пойкилитовой структуры: «предпегматиты» Ловозерского массива

Сидельникова О.Ф., Михайлова Ю.А., Пахомовский Я.А.

Геологический институт КНЦ РАН, Ананьинское, *olga.sidelnikova97@gmail.com*; *mikhailova@geoksc.apatity.ru*; *pakhom@geoksc.apatity.ru*

Аннотация. В статье приведены краткие геологическая и петрографическая характеристики пород «комплекса пойкилитовых сиенитов» Ловозерского массива, а также сопоставление химических составов этих пород с другими щелочными породами массива. На основании этих данных сделано предположение, что пойкилитовые породы образовались в результате кристаллизации солевого расплава-раствора, обособившись от силикатного расплава в результате несмесимости.

Ключевые слова: Ловозерский щелочной массив, пойкилитовая структура, пегматиты.

Poikilitic alkaline rocks of the Lovozero massif: rocks preceding pegmatites

Sidelnikova O.F., Mikhailova J.A., Pakhomovsky Y.A.

GI KSC RAS, Apatity, *olga.sidelnikova97@gmail.com*; *mikhailova@geoksc.apatity.ru*; *pakhom@geoksc.apatity.ru*

Abstract. The article is about geological and petrography characteristic of the rocks of the "complex of poikilitic syenites" of the Lovozero massif, as well as a comparison of the chemical compositions of these rocks with other alkaline rocks of the massif. It is assumed that poikilitic rocks were formed as a result of crystallization of a hydrosaline melt, which was separated from a silicate melt as a result of immiscibility.

Key words: Lovozero alkaline massif, poikilitic texture, pegmatites.

Введение

Ловозерский щелочной массив – расслоенный лакколит возрастом 360-370 млн. лет (Kramm, Kogarko, 1994), расположенный среди архейских гнейсов в юго-западной части Балтийского щита. Верхняя часть массива, мощностью до 800 метров, не обладает выраженным расслоением, обогащена минералами группы эвдиалита и выделена в отдельный комплекс – эвдиалитовых луювритов. Нижележащая совокупность слоев называется дифференцированным комплексом. Элементарной единицей расслоенности (ритмом) является последовательность щелочных пород (снизу вверх): уртит-фойяит-люуврит (Буссен, Сахаров, 1972). Контакт между подстилающим люувритом и вышележащим уртитом резкий. Ловозерский массив широко известен в основном благодаря чрезвычайно широкому минеральному разнообразию, сосредоточенному преимущественно в многочисленных пегматито-гидротермальных жилах. Часть таких жил имеет относительно простой набор минералов, отражающий химический состав материнских пород, но наиболее интересная и разнообразная редкометалльная минерализация обнаружена в пегматитах, связанных с породами «комплекса пойкилитовых сиенитов» (Семёнов, 1972). Это обособленные тела щелочных пород пойкилитовой структуры, вопрос об относительном времени формирования которых в ходе становления массива остается не решенным (Буссен, Сахаров, 1967, 1972; Власов и др., 1959). В этой статье мы, опираясь на геологическую, петрографическую и петрохимическую характеристики пород «комплекса пойкилитовых сиенитов», предлагаем гипотезу их формирования.

Геологическая характеристика

Породы «комплекса пойкилитовых сиенитов» образуют округлые или линзовидные тела разного размера (от 10 см до 200 м в поперечнике) в толще эвдиалитового и дифференцированного комплексов. Границы с вмещающими породами резкие, трахитоидность последних или обтекается тела пойкилитовых пород или вблизи этих тел приобретает хаотичный характер. Иногда можно

встретить апофизы вмещающих нефелиновых сиенитов внутри тел пойкилитовых пород. На границе между пойкилитовыми породами и вмещающими нефелиновыми сиенитами расположена контактная зона: прерывистая кайма эгиринов (мощностью до 10 см), а со стороны пойкилитовых пород – зона крупнозернистого строения (мощностью до 20 см), сложенная микроклином и эгирином.

Петрография

Породообразующими минералами пород «комплекса пойкилитовых сиенитов» являются содалит, нефелин, канкринит, микроклин-пертит и эгирин. Комплекс объединяет разнообразие пород, отличающиеся как по модальному составу, так и текстуре: пятнами, полосами распределены темноцветные минералы, меняется соотношение породообразующих фельдшпатоидов – содалита, нефелина, канкринита, варьирует количество пойкилокристаллов микроклин-пертита вплоть до полного их отсутствия. Все три фельдшпатоида не встречаются вместе, характерны ассоциации или нефелин+содалит или нефелин+канкринит, вторая встречается реже. При уменьшении количества пойкилитового микроклин-пертита преобладающим фельдшпатоидом становится нефелин, а порода приобретает неравномернозернистую структуру, обусловленную широкими вариациями размеров зерен нефелина.

Согласно классификации IUGS (Le Maitre, 2002) пойкилитовые и неравномернозернистые породы, ввиду их переменчивого модального состава, относятся как к фойдолитам, так и к нефелиновым сиенитам (фойяитам): $A = 0-70 \%$, $F = 14-67 \%$, $M' = 5-55 \%$. Фельдшпатоиды образуют идиоморфные, реже неправильной формы зерна, размером до 8 мм. Они интенсивно натролитизированы, вплоть до формирования полных натролитовых псевдоморфоз. Интерстиции фельдшпатоидов заполнены звездчатыми сростками мелких (0.05×0.1 мм в среднем) игольчатых кристаллов эгирина. Изменение содержания эгирина обуславливает постепенный переход от уртитов к ийолитам. Микроклин-пертит обычно образует очень крупные (до 10 см в длину) пойкилокристаллы с включениями фельдшпатоидов и редких мелких кристаллов эгирина. Набор аксессуарных минералов зависит от характера фельдшпатоидов: вместе с содалитом встречены лопарит, минералы группы эвдиалита, магнезиоарфведсонит, лампрофиллит, пирит, сфалерит, леллингит и молибденит. В канкринитовых породах присутствуют фторапатит, ильменит, титанит, магнетит, флюорит, циркон, феррифторкатофорит, пирротин, сфалерит, кобальтпентландит (рис. 1).

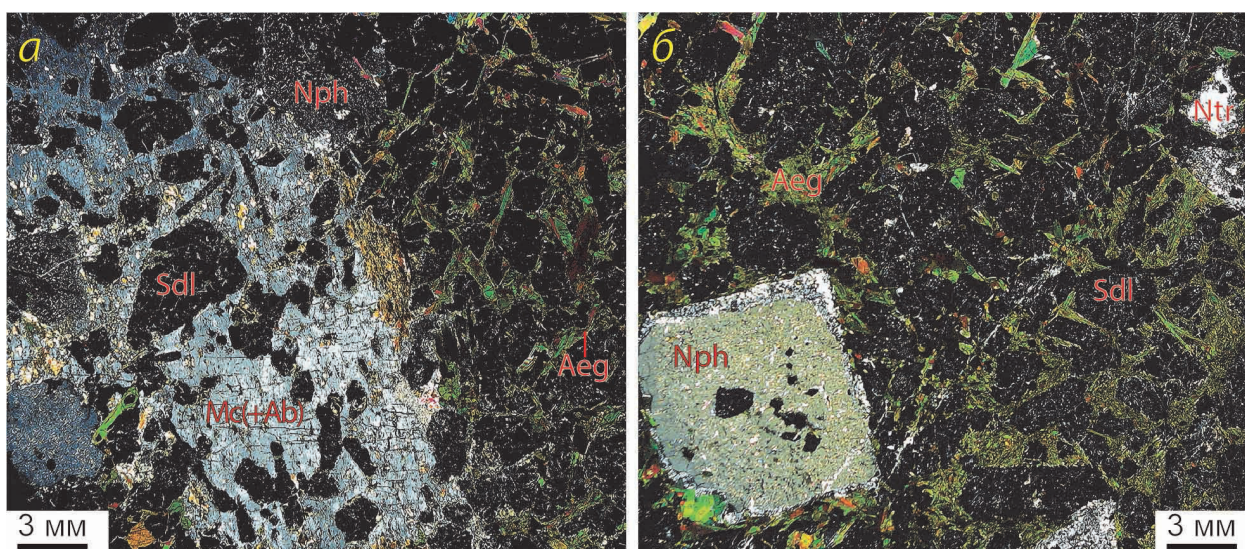


Рис. 1. Пойкилитовый фойяит. Фото шлифов ЛВ-352/13 (а) и ЛВ-352/7 (б) в проходящем свете. Ab – альбит, Aeg – эгирин, Mc – микроклин, Ntr – натролит, Nph – нефелин, Sdl – содалит.

Fig. 1. Foyaite with poikilitic texture. Photos of thin section ЛВ-352/13 (a) and ЛВ-352/7 (b) in transmitted light. Ab – albite, Aeg – aegirine, Mc – microcline, Ntr – natrolite, Nph – nepheline, Sdl – sodalite.

Петрохимия

Химический состав пойкилитовых и неравнозернистых пород отражен на рисунках 2 и 3 в сравнении со щелочными породами других комплексов массива. По содержанию суммы щелочей (14.2-21.5 вес. %) пойкилитовые породы близки к уртам дифференцированного и эвдиалитового комплексов (рис. 2), в неравнозернистых значение этой суммы в среднем ниже, но и оно является повышенным (до 19.5 вес. %) относительно прочих пород массива, кроме уртов. Сумма щелочей в изученных породах повышена исключительно за счет натрия, концентрация калия в них фактически самая низкая (рис. 3). Пойкилитовые породы близки к уртам и по низкой концентрации кремнезема, в то время как неравнозернистые разновидности содержат его в количестве промежуточном между уртами и прочими породами массива.

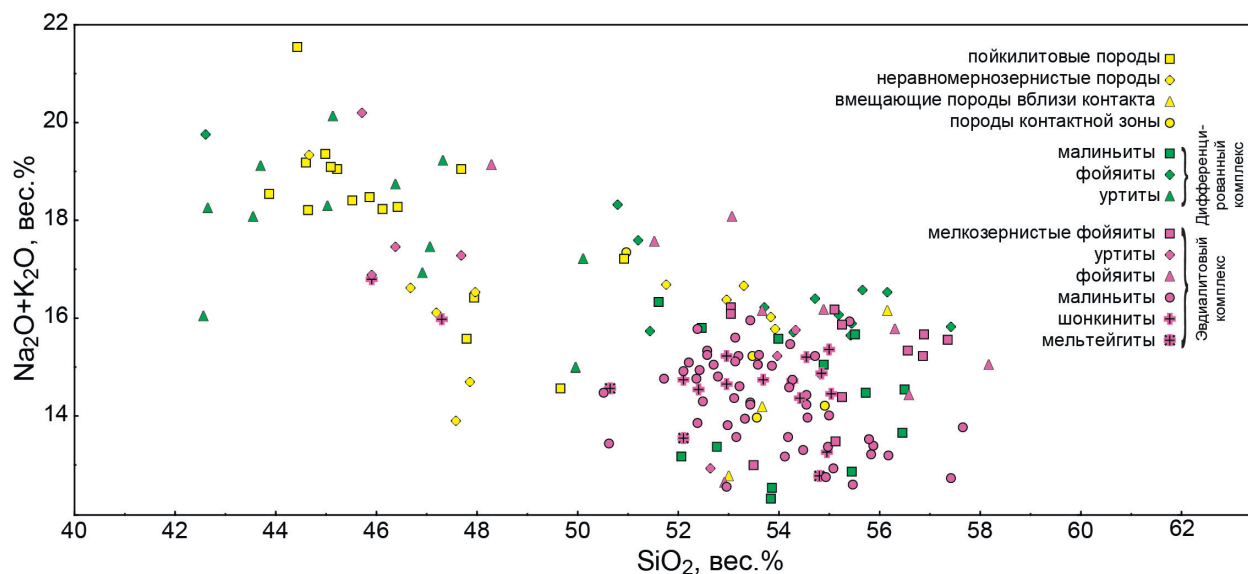


Рис. 2. Составы пород Ловозерского массива в координатах $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$.

Fig. 2. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 scatterplot for alkaline rocks of the Lovozero massif.

Содержание Al_2O_3 в пойкилитовых и неравнозернистых породах колеблется в узком интервале от 17.5 до 23 вес. %, что также сопоставимо с уртами эвдиалитового комплекса и с фойяитами дифференцированного комплекса. Вмещающие малиньиты и породы контактных зон характеризуются более низкими содержаниями Al_2O_3 – от 10.5 до 22 вес. % и по данному показателю соотносятся с малиньитами эвдиалитового и дифференцированного комплексов. По содержанию Fe_2O_3 пойкилитовые породы коррелируют с малиньитами эвдиалитового и дифференцированного комплексов, но пределы содержаний у последних заметно шире: содержание данного компонента составляет 2-8 вес. %. В неравнозернистых породах содержание Fe_2O_3 достигает 10.5 вес. %. Заметно ниже концентрация FeO: от 1.5 до 2.5 вес. % в пойкилитовых породах и от 0.9 до 2.5 вес. % – в неравнозернистых. Пойкилитовые породы характеризуются самым низким содержанием MnO – от 0.14 до 0.25 вес. %, а в неравнозернистых породах содержание этого компонента достигает 0.72 вес. %. Такие низкие значения установлены только в уртах дифференцированного комплекса. По концентрации MgO, P_2O_5 и CaO отличий пойкилитовых и неравнозернистых пород от прочих пород массива нет. Пойкилитовые и неравнозернистые породы среди прочих пород массива характеризуются наиболее высокими содержаниями Cl, оно достигает 3.52 вес. %.

Обсуждение результатов

Главными отличиями изученных пойкилитовых и неравнозернистых фойяитов и ийолит-уртов от близких по составу фойяитов и фойдолитов дифференцированного и эвдиалитового комплексов является наличие гигантских пойкилитовых кристаллов микроклин-пертита и

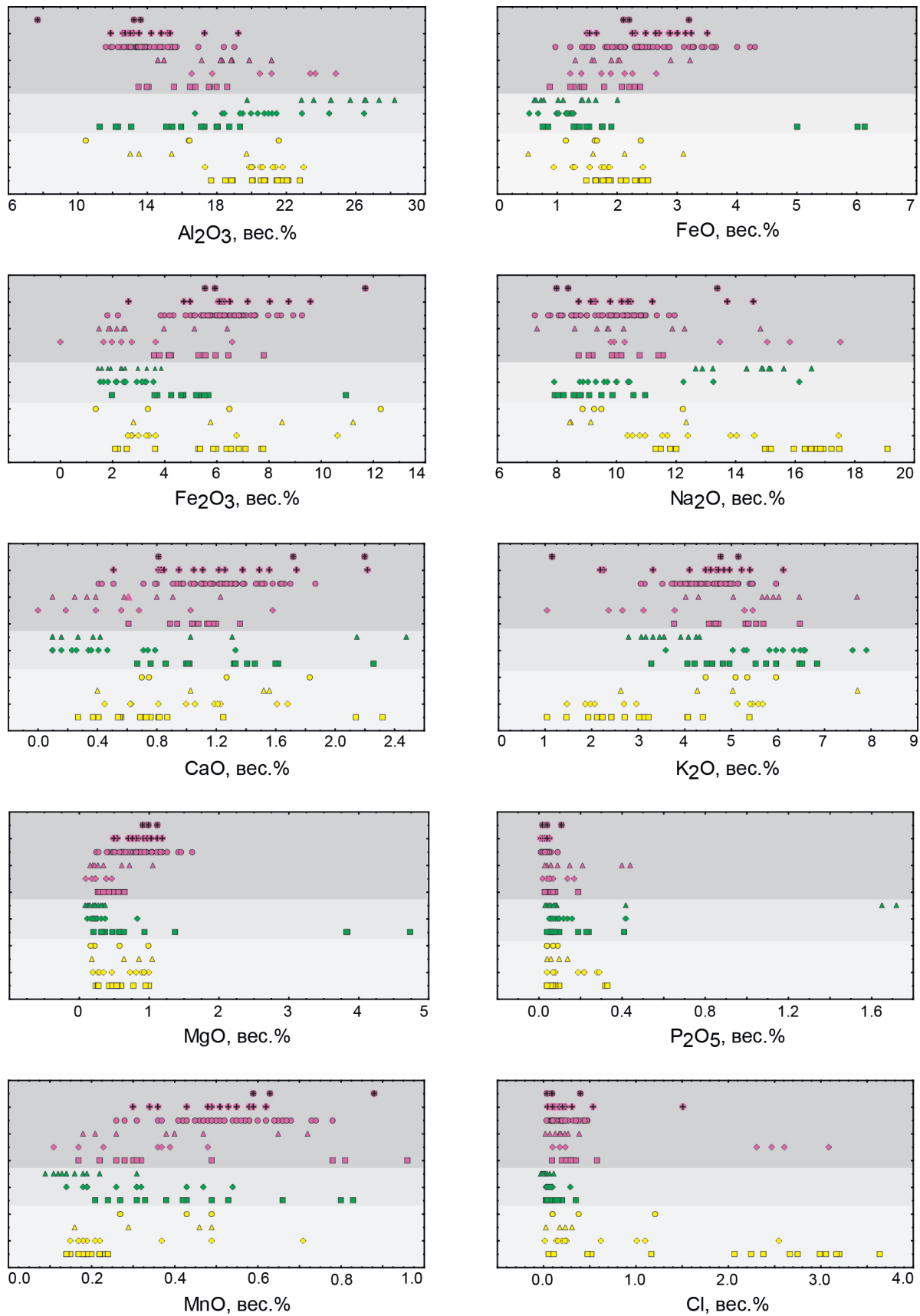


Рис. 3. Вариации химического состава щелочных пород Ловозерского массива. Условные обозначения приведены на рис. 2.

Fig. 3. Chemical composition of alkaline rocks of the Lovozero massif. See the legend in Fig. 2.

наличие породообразующих содалита и, что реже, канкринита. Соответственно, главная особенность химизма этих пород – значительное обогащение Na и Cl. Установлено (Mikhailova et al., 2019), что лейкократовые породы в составе дифференцированного и эвдиалитового комплексов (уртиты и фойяиты) образовались в ходе фракционной кристаллизации нефелин-сиенитового расплава и являются более поздними по отношению к меланократовым разновидностям. Судя по обилию летучих компонентов, пойкилитовые и неравнозернистые фойяиты и ийолит-уртиты также, вероятно, кристаллизовались из остаточного расплава-раствора в завершении магматического процесса. Повышенная концентрация натрия и хлора в этом расплаве-растворе могли стать причиной проявления несмесимости (Veksler, 2004) и остаточный NaCl-H₂O флюид обособился, сформировав своеобразные «пузыри». Обособление такого остаточного расплава произошло до полной консолидации окружающих пород и поэтому трахитоидность последних часто обтекает тела пойкилитовых и неравнозернистых пород. Расплав-раствор, обособившийся в результате возникновения несмесимости, кристаллизовался самостоятельно. Содалит, образовавшийся первым, сконцентрировал в своем составе хлор и натрий и далее последовала уже собственно пегматито-гидротермальная стадия – образование гигантских кристаллов микроклина, сегрегаций эгирина. На этой стадии сформировались и редкометалльные пегматиты, пространственно связанные с телами пойкилитовых пород. Экспериментальные исследования (Veksler et al., 2012) показывают, при возникновении несмесимости между силикатными и солевыми расплавами (хлоридными, фторидными, фосфатными и сульфатными) следует ожидать высоких концентраций редких металлов и других рудообразующих элементов именно в солевых расплавах. Такая «экстракция» солевым расплавом редких элементов, вероятно, и объясняет минеральное разнообразие пегматитов, связанных с «комплексом пойкилитовых сиенитов».

Работа выполнена в рамках темы НИР № 0226-2019-0051.

Литература

1. Буссен И.В., Сахаров А.С. Геология Ловозерских тундр. Л. Изд-во: Наука. 1967. 125 с.
2. Буссен И.В., Сахаров А.С. Петрология Ловозерского щелочного массива. Л.: Наука. 1972. 296 с.
3. Власов К.А., Кузьменко М.В., Еськова Е.М. Ловозерский щелочной массив. М. Изд-во: АН СССР. 1959. 624 с.
4. Семенов Е.И. Минералогия Ловозерского щелочного массива. М. Изд-во: Наука. 1972. 308 с.
5. Kramm U., Kogarko L.N. Nd and Sr isotope signatures of the Khibina and Lovozero agpaitic centres, Kola Alkaline province, Russia. *Lithos*. 1994. V. 32. P. 225–242. Doi: 10.1016/0024-4937(94)90041-8.
6. Le Maitre R.W. (Ed.) *Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms*; Cambridge University Press: Cambridge, UK. 2002. 236 p.
7. Mikhailova J.A., Ivanyuk G.Y., Kalashnikov A.O., Pakhomovsky Y.A., Bazai A.V., Yakovenchuk V.N. Petrogenesis of the Eudialyte Complex of the Lovozero Alkaline Massif (Kola Peninsula, Russia) // *Minerals*. 2019. T. 9. №. 10. С. 581. Doi: 10.3390/min9100581.
8. Veksler I.V. et al. Partitioning of elements between silicate melt and immiscible fluoride, chloride, carbonate, phosphate and sulfate melts, with implications to the origin of natrocarbonatite // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2012. T. 79. С. 20–40. Doi: 10.1016/j.gca.2011.11.035.
9. Veksler I.V. Liquid immiscibility and its role at the magmatic–hydrothermal transition: a summary of experimental studies // *Chemical Geology*. 2004. T. 210. №. 1-4. С. 7–31. Doi: 10.1016/j.chemgeo.2004.06.002.