

УДК 551.71/72/73+552.16/3 (470.21/22)

СВЯЗЬ ОСОБЕННОСТЕЙ ПАЛЕОЗОЙСКОГО МАГМАТИЗМА КОЛЬСКОГО РЕГИОНА СО СПЕЦИФИКОЙ МАГМАТИЗМА ДОКЕМБРИЯ*

Н. Е. Козлов¹, Е. В. Мартынов¹, Н. О. Сорохтин², Т. С. Марчук¹

¹ФГБУН Геологический институт КНЦ РАН

²ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва

Аннотация

Показано, что породы ультраосновного-основного состава Лапландского гранулитового пояса отличаются от аналогичных пород других гранулитовых поясов Евразии (развитых в пределах площадей, для которых щелочная специализация проявлялась в меньшей степени), повышенным содержанием SiO₂ и Al₂O₃ при снижении содержания суммы щелочей, то есть специфичны по содержанию элементов, определявших впоследствии состав палеозойских щелочных пород, для которых, наоборот, характерна недосыщенность глиноземом (и кремнекислотой) относительно повышенного содержания щелочей. На основании этого сделано предположение, что специфика магматизма неархея Северо-Востока Балтийского щита могла стать одной из причин своеобразия и уникальности состава продуктов последующих этапов магматизма. С учетом результатов предыдущих исследований авторов можно говорить о раннедокембрийской предыстории не только для платинометалльной, но и для щелочной специализации региона, то есть о тесной связи как минимум в его пределах поздних геологических событий с более ранними.

Ключевые слова:

Кольский регион, уникальность, протолит, докембрий, супракрупальный комплекс, петрогеохимия, моделирование, реконструкция.

THE CONNECTION OF THE PECULIARITIES OF PALEOZOIC MAGMATISM IN THE KOLA REGION WITH THE SPECIFICS OF PRECAMBRIAN MAGMATISM

Nikolay E. Kozlov¹, Evgeny V. Martynov¹, Nikolay O. Sorokhtin²,

Tatyana S. Marchuk¹

¹Geological Institute of the KSC of the RAS

²P. P. Shirshov Institute of Oceanology of the RAS

Abstract

It is shown that the rocks of basic-ultrabasic composition of the Lapland granulite belt differ from similar rocks of other Eurasian granulite belts developed within the areas of less manifested alkali specialization. They possess an increased content of SiO₂ and Al₂O₃ and a reduced amount of alkali. Thus, they have a specific content of elements, which afterwards defined the content of the Paleozoic alkali rocks characterized on the contrary by alumina (and silica) under saturation as compared to a high content of alkali. On this basis, the assumption is made that the peculiarities of Neoproterozoic magmatism of the Northeastern Baltic Shield could be one of the reasons of compositional originality and uniqueness of the products of later magmatism stages. Taking into account the results of the previous studies of the authors, we can speak about the early Precambrian history not only for PGM, but also for alkaline specialization of the region, i. e. about the close connection of later geological events with earlier ones at least within the Kola Region.

Keywords:

the Kola Region, uniqueness, protolith, the Precambrian, supracrustal complex, petrogeochemistry, modelling, reconstruction.

* Работа выполнена в Геологическом институте КНЦ РАН по государственному заказу № 0231-2015-0007.

Введение

Гигантские по размерам и уникальные по качеству сырья апатитовые, апатит-магнетитовые, флогопитовые, вермикулитовые месторождения, редкометалльная минерализация, в первую очередь иттриевая, руды металлов платиновой группы и т. п. определяют ведущее место Кольского региона среди других докембрийских провинций. Ранее мы уже делали предположение о том, что предпосылки платинометалльной специализации региона закладывались еще в архее [1]. Не претендуя на окончательное решение данной проблемы в отношении всех специфичных породных ассоциаций и связанных с ними полезных ископаемых, в настоящей работе авторы рассмотрели вопрос о возможной связи с докембрийской историей развития региона формирование Кольской щелочной провинции. По мнению детально исследовавших ее специалистов, по масштабам многоэтапного проявления щелочного магматизма она является уникальной и, как минимум, одной из крупнейших в мире [2–4]. Перед тем как предпринять попытку приблизиться к решению этого вопроса, были изучены ранние этапы развития Кольского коллизиона, где, как представляется, могли зародиться черты такой уникальности.

Материал и методика исследований

В методическом плане авторы придерживались выбранного ранее подхода — сравнение однотипных по петрогеохимической номенклатуре образований. С учетом опыта предыдущей работы, полученного при изучении энсиалических и энсиматических породных ассоциаций [5], в качестве объектов исследования были выбраны породы ультраосновного-основного состава, метаморфизованные аналоги которых распознаются наиболее надежно. Кроме того, информация о составе данных пород, связанных в своем формировании с мантией, несет в себе сведения о некоторых ее геохимических характеристиках. При постановке исследований авторы исходили из следующих положений, два из которых были обоснованы в упомянутой выше работе:

- породы основного состава океанических структур отличны по составу от континентальных, причем эти различия фиксируются уже в архее. Это свидетельствует в пользу правомерности вывода о различии мантии под океанами и континентами уже на ранних стадиях развития Земли, а также о незначительной относительной миграции коры относительно подстилающих ее верхних слоев мантии, продуцирующих магмы основного состава;

- базиты, формирующиеся в различных геодинамических обстановках, имеют петрогеохимическую специфику, что позволяет распознавать их даже среди метаморфизованных разновидностей раннего докембрия и свидетельствует о близких характеристиках состава мантии под сходными по геодинамике зонами;

- с учетом первого положения, а также общих представлений о геологическом строении региона [6] можно полагать, что, начиная как минимум с неорехея, земная кора Кольского региона имела примерно постоянное положение относительно глубинных частей Земли. Таким образом, при постановке задачи не исключалась преемственность петрогеохимических черт вещественно-структурных комплексов, являющихся мантийными продуктами палеозойской мантии, и мантии более древних этапов геологической истории региона.

В основу исследования были положены данные о составе пород ультраосновного-основного состава высокобарных гранулитовых поясов Евразии, развитых на Балтийском (северо-восточная часть), Анабарском, Алданском (южная и юго-западная часть), Украинском (Побужье) щитах, в Прибайкалье (ольхонская и шарыжалгайская серии), в Северо-Восточной Азии, Южной и Юго-Восточной Индии и Северном Китае. Всего в работе при решении этой задачи было использовано порядка 900 полных силикатных анализов. Данные объекты реконструируются нами как протоостроводужные образования [7]. С учетом изложенных выше положений можно ожидать, что продукты мантийного магматизма данных структур, при всем своеобразии каждого региона, должны иметь сходные петрогеохимические черты. И лишь

в случае существования ярко выраженной специфики состава мантии в любом из названных регионов можно ожидать отражения этого в составе мантийных продуктов формирующихся на его территории магматических комплексов.

Следуя этой логике, можно полагать, что раннедокембрийские протоостроводужные образования Лапландского гранулитового пояса, в силу петрогеохимической специфичности Кольского региона, наряду с общими для всех подобных структур Евразии характеристиками, могли обладать особыми, лишь им свойственными чертами. Поскольку в настоящей работе исследуется проблема формирования Кольской палеозойской щелочной провинции, уместно напомнить, что характерной чертой щелочных пород является присутствие в них индикаторных минералов повышенной щелочности. В составе пород это находит отражение в повышенных содержаниях Na_2O и K_2O при специфическом поведении SiO_2 и (или) Al_2O_3 [4], при этом большинство ультраосновных-основных щелочных пород характеризуются недосыщенностью глиноземом и (или) кремнеземом относительно щелочей [8]. Поэтому в ходе исследования нас интересовало распределение в раннедокембрийских комплексах именно этих элементов.

Для сравнения состава объектов был использован метод сопоставления и оценки степени «сходства-отличия» породных ассоциаций, представленных неоднородными совокупностями петрогеохимических параметров. Данный метод был разработан ранее для моделирования изменчивости химического состава геологических образований в ходе эволюции Земли и поиска гомологов архейских образований Кольской сверхглубокой скважины СГ-3, в дальнейшем усовершенствованный для поиска тренда отличий в заданных рядах совокупностей при введенном исследователем отношении частичного порядка [9–11].

Результаты и их обсуждение

С учетом изложенного была сформулирована задача поиска обобщенного показателя, по которому первично-магматические породы ультраосновного-основного состава Лапландского гранулитового пояса значимо отличаются от аналогичных по петрогеохимической классификации образований всех прочих перечисленных выше структур. Такой обобщенный показатель был найден (см. рис., табл.). Отчетливо видно, что отличия исследованных пород Лапландского гранулитового пояса от других поясов Евразии определялись повышенным содержанием в них SiO_2 и Al_2O_3 при снижении содержания щелочей (при этом последние отличаются друг от друга в значительно меньшей степени). Такое поведение перечисленных элементов противоположно тому, что характерно для палеозойских щелочных пород региона. Это позволяет предполагать, что уже в неоархее — палеопротерозое мантия и соответствующие мантийные продукты в пределах Кольского региона, в сравнении со структурами регионов, для которых щелочная специализация проявлялась в меньшей степени, были специфичны по содержанию элементов, определявших впоследствии состав палеозойских щелочных пород.

Можно предложить два объяснения выявленных закономерностей. Первое — это существование родоначальной для ультраосновных-основных пород Лапландско-Колвицкого гранулитового пояса специфической по составу мантии, изначально обедненной щелочными элементами и обогащенной SiO_2 и Al_2O_3 . Данное предположение представляется маловероятным, поскольку подобная мантия не могла бы стать источником более поздних продуктов магматической деятельности, характеризующихся диаметрально противоположным поведением всех перечисленных элементов.



Положение точек, соответствующих составам пород Кольского региона и гранулитовых поясов Евразии, на оси, описываемой обобщенным показателем:

$$F_1 = -0,324\text{SiO}_2 - 0,210\text{TiO}_2 - 0,468\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,115\Sigma\text{Fe} - 0,010\text{MgO} + 0,207\text{CaO} + 0,184\text{Na}_2\text{O} + 0,736\text{K}_2\text{O}$$

1–9 — ультраосновные-основные гранулиты: 1 — северо-востока Балтийского щита (Лапландско-Колвицкий гранулитовый пояс), 2 — Прибайкалья, ольхонская серия, 3 — Анабарского щита, 4 — Северо-Восточной Азии, 5 — южной и юго-западной части Алданского щита, 6 — Северного Китая, 7 — Южной и Юго-Восточной Индии, 8 — Прибайкалья, шарыжалгайская серия, 9 — Украинского щита (Побужье); 10–12 — ультраосновные — основные магматические породы палеопротерозоя (9) и палеозоя (10) Кольского региона, а также усредненный состав ультраосновных-основных пород, формировавших неархейские протоостроводужные пояса и более поздние структуры Кольского региона вплоть до палеозоя (12)

Медианы (выделено полужирным) и значения статистик Пури-Сена-Тамуры для F_1

	1	7	4	2	9	5	3	6	8
1	-22,371								
7	12,060*	-21,921							
4	14,790	0,163	-21,861						
2	12,053	0,128	0,007	-21,678					
9	13,155	0,463	0,031	0,044	-21,648				
5	79,257	2,162	0,418	0,479	0,065	-21,582			
3	14,478	0,581	0,029	0,112	0,054	0,013	-21,514		
6	12,189	0,956	0,330	0,486	0,272	0,222	0,243	-21,478	
8	38,595	5,522	3,095	3,490	2,477	4,759	2,316	0,435	-21,269

Примечание. Цифры в головке и боковике таблицы обозначают комплексы пород (см. на рис.).

* Значения статистики Пури Сена-Тамуры более 3,8 для 95 % вероятности отличий, более 6,6 — для 98 %.

Вторым объяснением может быть выплавление из «нормальной» для подобных зон Земли мантии продуктов, на первых этапах в ходе дифференциации обедненных щелочами и обогащенных SiO_2 и Al_2O_3 . В этом случае можно ожидать обогащение первыми и обеднение последними остаточных мантийных продуктов, что не противоречит петрогеохимическим характеристикам пород палеозойских комплексов региона и поэтому выглядит более логичным.

Если это предположение верное, то с учетом приведенных выше положений можно представить, что при отсутствии магматической дифференциации петрогеохимические характеристики гипотетических пород мантийного генезиса в пределах Кольского региона должны были бы быть сходными с аналогичными образованиями других исследованных структур Евразии. В этой связи следует упомянуть, что на территории Кольского региона

мантийный магматизм, начиная с подвижных поясов конвергентных зон неархейского времени, наиболее мощно проявился на трех этапах:

- в неархее (по некоторым данным в неархее — палеопротерозое) при формировании Лапландско-Колвицкого пояса и иных зеленокаменных протоостроводужных поясов (Колмозеро-Вороньинского, Сергозерско-Стрельнинского);
- в палеопротерозое, при образовании основных-ультраосновных массивов палеопротерозоя — Монче- и Федорово-Панских тундр (и др.), а также проторифтогенных структур Имандра-Варзуги, Печенги и Пана-Куолаярви;
- в палеозое, когда шло формирование щелочных комплексов Кольского региона (Хибины, Ловозеро и т. д.).

В дальнейшем исследовании мы использовали данные о составе продуктов ультраосновного-основного магматизма всех перечисленных структур (около 1 400 полных силикатных анализов). Гипотетические породы, которые могли бы сформироваться в Кольском регионе в результате одноактного магматизма при отсутствии процессов дифференциации мантийного вещества, можно теоретически вывести из состава всех ультраосновных-основных пород перечисленных выше комплексов неархей, палеопротерозоя и палеозоя. Для этой цели они были взяты в пропорции как 60, 21 и 18 % соответственно, что отражает примерное соотношение их распространенности в регионе (наша оценка, с учетом данных [12] для палеозойских пород Кольской щелочной провинции).

Точка среднего состава таких гипотетических пород мантийного генезиса на оси обобщенного показателя F_1 заметно смещена в направлении составов продуктов основного магматизма всех остальных исследованных гранулитовых поясов Евразии, что вполне объяснимо с учетом положения на этом показателе составов палеопротерозойских и палеозойских образований (рис.). Таким образом, сделанное ранее предположение о подобии состава мантийных продуктов, а опосредованно и мантии, в районах, характеризующихся сходными режимами геодинамического развития, находит свое подтверждение.

Выводы

Специфика вулканизма раннего докембрия Северо-Востока Балтийского щита могла предопределить своеобразие и уникальность состава продуктов последующих этапов магматизма. В качестве механизма возникновения подобной специфики может быть предложена, к примеру, экстракция из исходного вещества примитивной мантии расплавов, обедненных щелочными элементами, по схеме [13] или [14], при большей степени плавления мантийного субстрата в пределах Лапландской протоострововой дуги. При этом если принять точку зрения Ф. П. Митрофанова [15] о длительности геологических процессов в раннем докембрии, подобное преобразование мантии могло быть продолжительным и, соответственно, более значительным, чем в названной схеме.

Авторы подчеркивают, что данный вывод ни в коей мере не претендует на роль новой модели формирования щелочных массивов Кольского региона. Тем не менее, следует заметить, что он хорошо согласуется с выводом о возможной связи мантийных источников палеозойского магматизма Кольской провинции с докембрийской мантией, полученным ранее на основе изотопно-геохимических данных [2]. Учитывая это, можно говорить о том, что сделанные нами предположения имеют право на существование и нуждаются в дальнейшем исследовании, как и изучение причин столь специфичного развития раннедокембрийской протоострововой дуги на территории Кольского коллизииона.

С учетом результатов наших предыдущих исследований можно говорить о раннедокембрийской предыстории не только для платинометалльной, но и для щелочной специализации

региона, то есть о тесной связи, как минимум в пределах Кольского региона, поздних геологических событий с более ранними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Metamorphic rocks of the Murmansk domain (Kola Peninsula) as compared with the oldest rock associations of the northeastern Baltic shield, Canada and Greenland / *N. E. Kozlov [et al.]* // *Geochemistry International*. 2008. Vol. 46, no. 6. P. 608–613.
2. Арзамасцев А. А. Эволюция палеозойского щелочного магматизма Северо-Восточной части Балтийского щита: автореф. дис. ... д. г.-м. н. СПб., 1998. 30 с.
3. *Bulakh A. G.* Overview of carbonatite-phoscorite complexes of the Kola Alkaline Province in the context of a Scandinavian North Atlantic Alkaline Province / *A. G. Bulakh, V. V. Ivanikov, M. P. Orlova* // *Mineralogical Soc. Series*. Vol. 10. Phoscorites and Carbonatites from Mantle to Mine: the key example of the Kola alkaline province / ed. by *F. Wall, A. N. Zaitsev*. London: The Geological Society of Great Britain & Ireland, 2004. Chapter 1. P. 1–44.
4. Alkaline Rocks and Carbonatites of the World. Part Two: Former USSR / *L. N. Kogarko [et al.]*. London: Chapman & Hall, 1995. 226 p.
5. *Kozlov N. E., Martynov E. V., Ivanov A. A.* Petrogeochemical differences between basic rocks of ensialic and ensimatic complexes: a comparative analysis of the Phanerozoic and Precambrian // *Geochemistry International*. 1999. Vol. 37, no. 6. P. 512–518.
6. Геология архея Балтийского щита / *Н. Е. Козлов [и др.]*. СПб.: Наука, 2006.
7. *Козлов Н. Е.* Вещественный состав метаморфических комплексов высокобарных гранулитовых поясов и проблема формирования их протолитов (на примере Лапландских гранулитов): автореф. дис. ... д. г.-м. н. СПб.: ИГГД, 1995. 36 с.
8. *Дубровский М. И.* Что же такое щелочные горные породы? // *ЗВМО*. 1999. № 4. С. 100–105.
9. Геолого-петрогеохимические особенности и метаморфизм архейских пород северо-восточного обрамления Печенги как критерий выбора их в качестве гомологов глубинных пород разреза СГ-3 / *Н. Е. Козлов [и др.]* // *Вестник МГТУ*. 2002. Т. 5, № 1. С. 75–84.
10. Петрогеохимическое обоснование обнаружения гомологов архейских пород разреза Кольской СГ-3 на поверхности / *Н. Е. Козлов [и др.]* // *Геохимия*. 2002. № 6. С. 601–611.
11. Эволюция вещественного состава метабазитов раннего докембрия Кольского региона / *Н. Е. Козлов [и др.]* // *Вестник МГТУ*. 2014. Т. 17, № 2. С. 304–313.
12. Кольская щелочная провинция в палеозое: оценка состава первичных мантийных расплавов и условий магмогенерации / *А. А. Арзамасцев [и др.]* // *Российский журнал наук о Земле*. 2001. Т. 3, № 1. С. 1–35.
13. Вариации химического состава мантийных перидотитов как результат различных степеней частичного плавления примитивной мантии / *И. Д. Рябчиков [и др.]* // *ДАН СССР*. 1987. Т. 295, № 1. С. 185–189.
14. *Когарко Л. Н.* Магматизм островов Мирового океана и неоднородность верхней мантии Земли // *Твердая кора океанов (проект «Литос»)*. М.: Наука, 1987. С. 113–121.
15. *Митрофанов Ф. П.* Современные проблемы и некоторые решения докембрийской геологии кратонов // *Литосфера*. 2001. № 1. С. 5–14.

Сведения об авторах

Козлов Николай Евгеньевич — доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией геологии и геодинамики Арктики Геологического института КНЦ РАН

E-mail: kozlov@geoksc.apatity.ru

Мартынов Евгений Васильевич — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: mart@geoksc.apatity.ru

Сорохтин Николай Олегович — доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института океанологии РАН

E-mail: nsorokhtin@ocean.ru

Марчук Татьяна Сергеевна — инженер I категории Геологического института КНЦ РАН

E-mail: marchuk@geoksc.apatity.ru

Author Affiliation

Nikolay E. Kozlov — Dr. Sci. (Geology & Mineralogy), Professor, Head of Laboratory of Arctic Geology and Geodynamics of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru

Evgeny V. Martynov — PhD (Geology & Mineralogy), Senior Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: mart@geoksc.apatity.ru

Nikolay O. Sorokhtin — Dr. Sci. (Geology & Mineralogy), Chief Researcher of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology of the RAS

E-mail: nsorokhtin@ocean.ru

Tatyana S. Marchuk — Senior Engineer of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: marchuk@geoksc.apatity.ru

Библиографическое описание статьи

Связь особенностей палеозойского магматизма Кольского региона со спецификой магматизма докембрия / *Н. Е. Козлов [и др.]* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 3 (9). — С. 64–70.

Reference

Kozlov Nikolay E., Martynov Evgeny V., Sorokhtin Nikolay O., Marchuk Tatyana S. The Connection of the Peculiarities of Paleozoic Magmatism in the Kola Region with the Specifics of Precambrian Magmatism. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 3 (9), pp. 64–70. (In Russ.).