

УДК 551+552.4

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА КЕЙВСКОГО ДОМЕНА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)*

Н. Е. Козлов^{1,2}, Н. О. Сорохтин^{1,2,3}, Е. В. Мартынов^{1,2}, Е. Н. Фомина¹

¹ФГБУН Геологический институт КНЦ РАН

²АФ ФБГОУ ВПО МГТУ

³ФГБУН Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

Аннотация

Показано, что по особенностям вещественного состава кейвские образования отличны от прочих архейских структур Кольского региона. Данная структура действительно может рассматриваться как особый домен, расположенный внутри Кольского раннедокембрийского глубинного коллизииона. Сопоставление вещественного состава породных ассоциаций Кейвской структуры с метаморфитами других архейских комплексов северо-востока Балтийского щита, а также Канады и Гренландии не позволяет установить их близость гранит-зеленокаменным или гранулит-гнейсовым типам структур.

Ключевые слова:

региональная геология, геохимия, докембрийские комплексы, протолиты, реконструкция, метаморфизм, геодинамика, вулканизм, седиментогенез.

FEATURES OF MATERIAL COMPOSITION OF THE KEIVY DOMAIN (THE KOLA PENINSULA)

Nikolay E. Kozlov^{1,2}, Nikolay O. Sorokhtin^{1,2,3}, Evgeny V. Martynov^{1,2}, Ekaterina N. Fomina¹

¹Geological Institute of the KSC of the RAS

²Apatity Branch of of the MSTU

³P. P. Shirshov Institute of Oceanology of the RAS

Abstract

It has been shown that formations of Keivy differ from other Archean structures of the Kola region by the specifics of their material composition. This structure can actually be considered as a distinctive domain that is located within the Kola Early Precambrian deep collision structure. Comparison of the material compositions of rock associations in the Keivy structure with metamorphic formations of other Archean complexes in the North-East of the Baltic Shield, as well as with Canadian and Greenlandic complexes, does not allow revealing their preferable proximity to granite-greenstone or granulite-gneiss types of structures.

Keywords:

regional geology, geochemistry, Precambrian complexes, protoliths, reconstruction, metamorphism, geodynamics, volcanism, sedimentogenesis.

Введение

Кейвский домен выделяется среди раннедокембрийских структур Кольского региона своеобразием породных ассоциаций, особенностями их вещественного состава, наличием в его пределах древнейших для региона щелочных гранитов и ассоциирующих с ними габбро-анортозитов. Он занимает особое место в архитектуре региона [1], а аналоги кейвских породных комплексов и связанных с ними уникальных месторождений полезных ископаемых на Балтийском щите не известны [2]. В связи с этим данная структура рассматривается как особый домен, расположенный внутри Кольского раннедокембрийского глубинного коллизииона [3]. Тем не менее, количество детальных исследований, иллюстрирующих эту уникальность

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

на вещественном уровне и включающих результаты сравнительного анализа кейвских образований с породными ассоциациями других структур региона, невелико. Авторы настоящей статьи на протяжении ряда лет занимаются изучением означенной проблемы [4–7] и полагают: прежде чем перейти к собственно объяснению своеобразия Кейвской структуры, необходимо систематизировать данные, его подчеркивающие, чему и посвящена представленная работа.

Обсуждение результатов

Кейвский домен расположен в центральной части Кольского п-ова. На востоке он граничит с Восточно-Кольским, на западе – с Кольско-Норвежским, на севере – с Мурманским доменами континентальной коры, а с юга ограничен раннепротерозойскими образованиями Печенго-Имандра-Варзугского зеленокаменного пояса (рис. 1). В пределах Кейвского домена выделяют Ефимозерский, Верхне-Понойский и Пурначский блоки (или выступы), структурные зоны Больших и Малых Кейв, а также Понойскую [8, 9]. Породы архейского комплекса древнейшего фундамента, подстилающие супракрустальные образования Кейвской зоны, обнажены на территории наиболее поднятых и глубоко эродированных блоков. Наиболее широко они проявлены в пределах Верхне-Понойского блока и слагают значительную часть Ефимозерского и Пурначского выступов [10]. Петрографический состав архейского комплекса представлен лейко- и мезократовыми гнейсами и гранитогнейсами: биотитовыми, биотит-амфиболовыми, гранат-биотитовыми [11]. В гальках конгломератов нижних толщ присутствуют породы формации гранодиоритов-тоналитов-плагиигранитов [12].

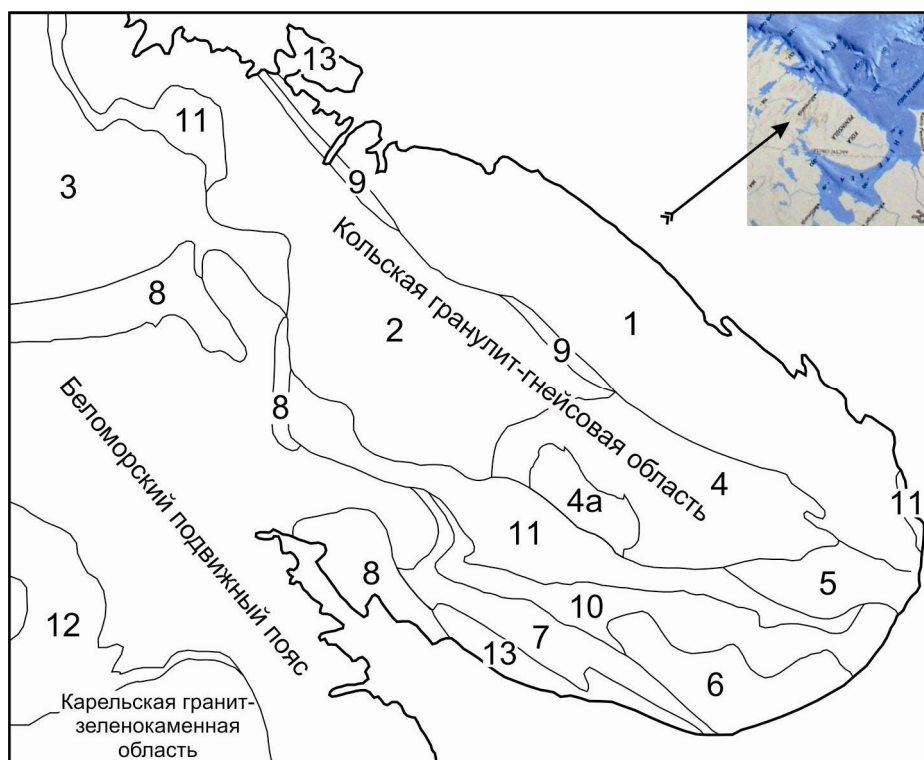


Рис. 1. Схема районирования раннедокембрийских геоструктурных элементов земной коры северо-восточной части Балтийского щита [по: 7, 13, 14]. Домены коры: 1 – Мурманский, 2 – Кольско-Норвежский, 3 – Лоттинский, 4 – Кейвский, 4а – Верхне-Понойский, 5 – Восточно-Кольский, 6 – Чапомский, 7 – Терский. Зеленокаменные и гранулитовые пояса: 8–10 – архейские: 8 – Лапландско-Колвицкий; 9 – Титовско-Колмозерский (Колмозеро-Воронья); 10 – Сергозерско-Стрельнинский; 11, 12 – неопротерозойские: 11 – Печенга-Имандра-Варзуга-Устьпонойский; 12 – Северо-Карельский; 13 – рифтогенные и окраинно-континентальные отложения рифейского возраста

Возраст и происхождение супракрустальных образований Кейв до сих пор остаются предметом оживленной дискуссии, поэтому в дальнейшем характеристика разреза будет приведена в соответствии с доминирующими стратиграфическими схемами Кейв [8, 12]. Супракрустальные верхнеархейские комплексы занимают центральную часть домена. К нижнему уровню относят коловайскую (развитую по периферии Ефимозерского и Пурначского выступов) и кинемурскую (в обрамлении Верхне-Понойского выступа) свиты, залегающие на комплексе основания с тектоническим несогласием и сложенные амфиболовыми и биотитовыми гнейсами и плагиосланцами с конгломератами в основании. Данные породы трансгрессивно перекрывают патчервтундровская (приуроченная к областям распространения коловайской) и коррелируемая с ней устьюгоньская (пространственно совмещенная с кинемурской) свиты амфиболитов, слюдяных плагиосланцев и гнейсов. Стратиграфически выше располагается лебяжинская свита тонкозернистых биотитовых (обычно с гранатом и мусковитом) гнейсов и плагиогнейсов с реликтовыми признаками вулканитов и, в подчиненном количестве, осадочных образований, занимающая в целом до 30 % общей площади выхода супракрустальных образований на поверхность.

Собственно кейвская серия, залегающая на породах лебяжинской свиты со стратиграфическим и угловым несогласием [15, 16], разными исследователями относится то к верхнему архею [17, 18], то к протерозою [8, 19, 20]. Серия представлена червуртской, выхчуртской и песцовотундровской свитами, сложенными преимущественно слюдяными, кианитовыми, силлиманитовыми, ставролит-гранатовыми и углеродистыми сланцами и кварцитами. Незначительным распространением в центральной части Кейвского домена (хр. Серповидный) пользуется толща карбонатных, флогопит-мусковит-кварц-полевошпатовых и диопсид-тремолитовых пород, метапесчаников и метабазитов, плагиосланцев и кварцито-песчаников, относимая в разных интерпретациях либо к варзугской серии [8], либо к песцовотундровской свите [18].

Метаморфические преобразования верхнеархейских и нижнепротерозойских супракрустальных комплексов протекали в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций. Считается, что в архее они либо не испытывали метаморфизма, либо он происходил в существенно более низкотемпературных условиях, чем впоследствии [21]. Регионально-метаморфическая переработка пород лебяжинской серии и подстилающих ее толщ изучена недостаточно. Обычно отмечается, что они обладают чертами полиметаморфических преобразований, общий или последний уровень которых в целом соответствует амфиболитовой фации [11]. Многие исследователи полагают, что породы лебяжинской и устьюгоньской толщ претерпели также и интенсивный щелочной метасоматоз, связанный со щелочными гранитами [8, 22]. Метаосадочные комплексы кейвской серии регионально метаморфизованы в условиях кианит-ставролит-двуслюдяной субфации амфиболитовой фации [21], которая в Западных Кейвах сменяется силлиманит-мусковитовой и силлиманит-микроклиновой субфациями. Ряд исследователей [11, 23] объясняет данный переход термальным воздействием щелочных гранитов.

Щелочные граниты и граносиениты (в некоторых интерпретациях – гнейсограниты) на территории Кейвского домена распространены широко. Они занимают общую площадь более 2.5 тыс. км² и представлены шестью массивами: Западно-Кейвским, Понойским, Лаврентьевским, Белые Тундры, Пачинским и Нижне-Понойским [22]. Все массивы считаются пластовыми интрузиями, в подошве которых залегают породы архейского фундамента, а в кровле – супракрустальные образования комплекса Кейв [10]. Пространственно зоны их выхода на современном эрозионном срезе тяготеют к периферии домена и маркируют границы сочленения с другими континентально-коровыми образованиями. С гранитами ассоциируют в пространстве близкие по возрасту массивы габбро-анортозитов – Цагинский, Ачинский, Медвежье-Щучьеозерский и др. В пределах массива Западных Кейв расположены небольшие щелочные и нефелинсиенитовые интрузии (Кульйок, Сахарйок).

Единого взгляда на природу щелочных гранитов к настоящему времени не сформировалось. Доминирующей является точка зрения об их первично магматическом источнике [22, 24, 25], аргументированная в первую очередь приуроченностью щелочногранитных массивов к глубинным и оперяющим их разломам, их нахождением среди пород разных структурных этажей, формой и внутренним строением, дифференцированностью интрузий и наличием в них ксенолитов вмещающих пород. Наряду с этим, были предложены модели метасоматического генезиса щелочных гранитов путем «гранитизации» гнейсов лебяжинской свиты в Западных Кейвах [20] и первично-осадочного субстрата [26], основанные главным образом на сопряженности структурных элементов гранитов, гнейсов и сланцев. Существует также версия, согласно которой щелочные граниты (называемые в данной интерпретации гнейсогранитами) образовались в результате реоморфизма и ремобилизации осадочно-вулканогенного комплекса лебяжинской свиты [19, 27]. При этом в данных работах вся ассоциация щелочных гранитов, известково-щелочных и амфиболовых гнейсов и амфиболитов рассматривается в качестве зеленокаменного пояса.

Авторами настоящей статьи ранее было проведено исследование вещественного состава всего спектра метаморфических комплексов Кейвского домена с использованием базы данных, включающей более тысячи полных силикатных анализов из литературных источников. На данной площади нами выявлено максимальное для всего архея Кольского региона разнообразие пород [4, 5]. Выделено 18 породных разновидностей, первичная природа которых соответствует следующим группам петрогеохимической систематики А. А. Предовского [28]: пикробазальты (0.3 %), глиноземистые, железистые и магнезиальные базиты (соответственно 10.8, 3.4 и 4.5 %), андезитобазальты (9.8 %), андезиты (3.9 %), дациты (0.7 %), риодациты (1.1 %), риолиты (1.0 %), а также кластогенные образования – туффиты (5.8 %), плагиокварциты (0.1 %), аркозы (15.7 %), субграувакки (8.3 %), граувакки (5.0 %), мелановакки (2.1 %) и пелиты (9.1 %). Протолиты 18.3 % проб пород не были распознаны: точки составов этих пород равномерно разбросаны как в поле перекрытия туффитов и магматитов (9.3 %), так и в поле перекрытия последних с осадочными образованиями (9.0 %). Количество нераспознанных метаморфитов сопоставимо с данными по другим архейским образованиям региона [4].

Среди распознанных протолитов, как и в соседнем Кольско-Норвежском домене [4], преобладают осадочные и вулканогенно-осадочные разновидности, составляющие в сумме 56.5 %. В ряду метамагматитов распространены преимущественно основные по составу разновидности, которые составляют 23.3 из 43.5 %, приходящихся на общую долю пород первично-магматического генезиса. В отличие от других архейских комплексов региона, среди зернистых метаосадочных и вулканогенно-осадочных пород доминируют не метаграувакки и метатуффиты, а метааркозы, метапелиты и метасубграувакки, то есть образования, более свойственные платформенным областям (табл. 1).

Кислые разновидности метаморфитов (зернистые метаосадочные породы) были нанесены на диаграммы Дж. Мейнарда с соавторами [29] и М. Бхатиа [30] (рис. 1 и 2), на которых они попадают в поле пассивных окраин и интракратонных рифтов, что отражает их явное отличие от сходных по первичной природе образований прочих архейских структур Кольского региона [4]. Наряду с этим прослеживается и тенденция к смещению составов пород в направлении полей внутриплитных структур. Стоит упомянуть, что ранее была показана возможность формирования анортозитов Кейв во внутриплитной обстановке [31].

Важным представляется тот факт, что среди метаосадочных пород Кейв резко выделяются две группы пород, одна из которых аномально обогащена Al_2O_3 и TiO_2 . Вероятнее всего, это свидетельствует либо о вариациях степени исходного выветривания в ходе накопления первично-осадочных толщ, либо о различной степени их постседиментационных дометаморфических изменений в результате регионально проявленных на территории Кейвского

домена метасоматических воздействий. Последнее представляется более вероятным в связи с тем, что подобное содержание титана, а также соотношение глино- и кремнезема, судя по данным эталонных диаграмм (рис. 2, 3), нехарактерно в целом для осадочных пород. Кроме того, метаосадочных образований с подобными содержаниями и соотношениями этих элементов в пределах архейских комплексов Кольского региона не наблюдается [4]. В связи с изложенным, в настоящей работе для приведенных выше реконструкций были использованы разновидности с наиболее низким содержанием таких элементов.

Таблица 1

Сопоставление состава протолитов архейских комплексов Кольского региона

Объекты	Содержание метаматитов, %	Преобладающие типы осадочных протолитов
Мурманский домен	75.7	Граувакки, субграувакки
Ингозерская структура	73.4	Граувакки, субграувакки
Кольско-Норвежский домен	47.2	Граувакки, туффиты
Кейвский домен	43.5	Аркозы, субграувакки, глины
Беломорский домен	68.8	Туффиты, граувакки

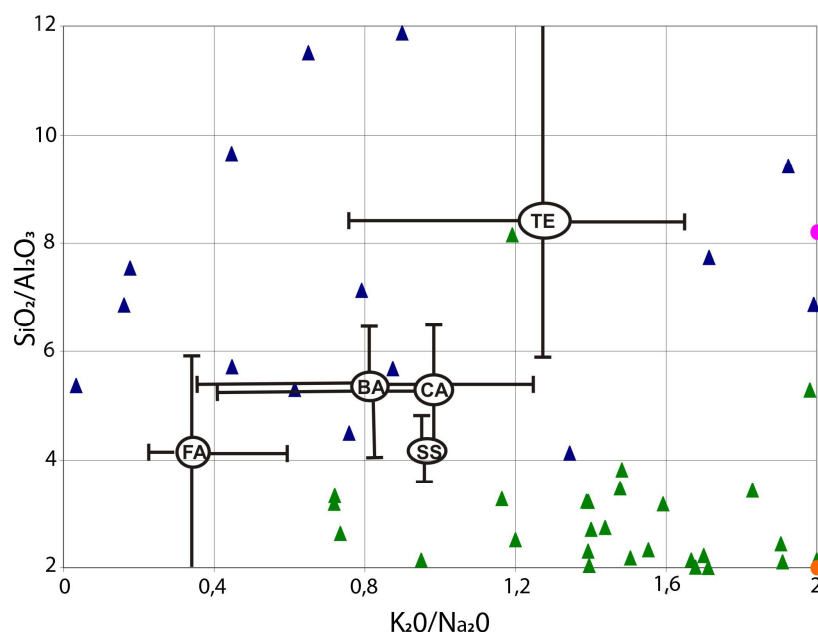


Рис. 2. Положение точек состава наиболее распространенного типа разновидностей песчано-алевритовых метаосадочных пород Кейвского домена на диаграмме Дж. Б. Мейнарда с соавторами [29]. Бассейны магматических дуг: FA – преддуговые, BA – задуговые. Внутриокеанические активные обстановки: SS – сопряженные со сдвиговыми дислокациями, CA – окраинно-континентальные дуги. Пассивные обстановки: TE – интраконтинентальные, интракратонные рифты и авлакогены. Синими треугольниками обозначены низкотитанистые породы, зелеными – высокотитанистые

Своеобразие Кейвского домена выявляется также в ходе реконструкции обстановок формирования протолитов метавулканитов (табл. 2), проведенной с использованием оригинальных методик [14]. Для оценки подобия сравниваемых объектов нами была рассчитана мера сходства/отличия параметров химического состава протолитов [4], называемая коэффициентом отличия ($K_{отл}$). Чем меньше значение коэффициента отличия, тем больше сходство сравниваемых объектов. В результате расчетов породные ассоциации Кейвского домена по своим петрогеохимическим характеристикам оказались наиболее близки островодужным

образованиям. О некотором сходстве образований Кейвского домена с породными сериями островных дуг свидетельствуют также и результаты реконструкции возможного геодинамического режима формирования гранитоидов, проведенной М. В. Минцем с использованием диаграмм Дж. Пирса [19].

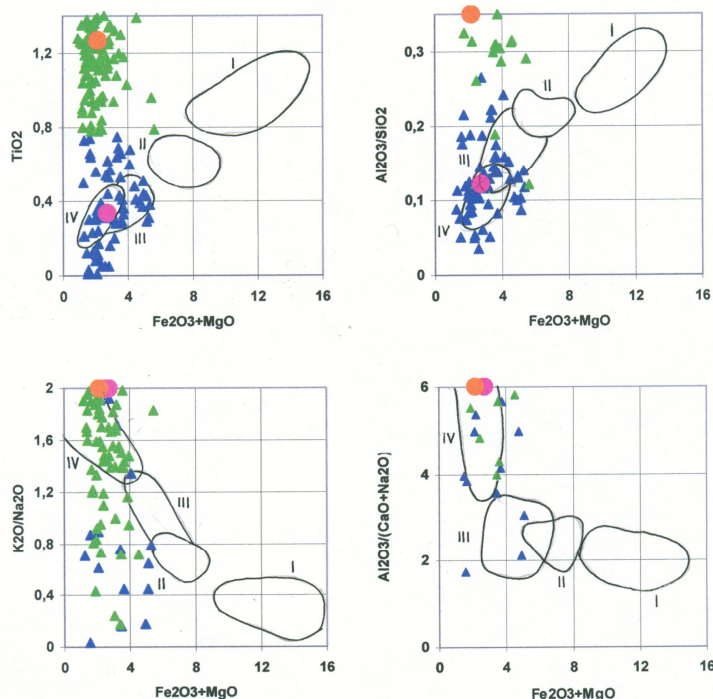


Рис. 3. Положение точек составов наиболее распространенного типа песчано-алевритовых метаосадочных пород Кейвского домена на диаграммах М. Бхатии [30]. Точки разного цвета – медианные значения для соответствующих групп. Поля I–IV соответствуют тектоническим обстановкам: I – океанической островной дуги; II – континентальной островной дуги; III – активной континентальной окраины; IV – пассивной окраины

Таблица 2

Результаты реконструкции обстановок формирования протолитов архейских комплексов Кольского региона с учетом возможной эволюции химического состава мантии

Объекты сопоставления	Юные дуги	Развитые дуги	Зрелые дуги	COX	Континентальные рифты	Граппы
Мурманский домен	2.26	1.99	1.86	2.17	1.82	1.88
Центрально-Кольский сегмент Кольско-Норвежского домена	2.56	2.97	2.58	1.98	1.95	2.07
Кейвский домен	3.31	2.96	3.03	3.55	3.02	3.27
Беломорский подвижный пояс	2.12	2.43	2.51	1.84	2.12	2.02

Примечание. Полужирным выделены минимальные значения $K_{отл}$.

Сопоставление вещественного состава породных ассоциаций Кейвского домена и других архейских комплексов северо-востока Балтийского щита, а также Канады и Гренландии, проведенное на основе 4.8 тыс. полных силикатных анализов, позволяет говорить об их близости

«промежуточным» типам областей, а не гранит-зеленокаменным или гранулит-гнейсовым. При этом в целом просматривается связь с породами Кольского региона (табл. 3). Ранее было установлено, что метабазиты Кейвского домена и по содержанию отдельных элементов занимают особое положение среди прочих архейских образований региона, и в целом более близки к древнейшим комплексам Карелии, Канады и Гренландии [6].

Таблица 3

Степень сходства метаморфитов Кейвского домена и архейских комплексов Балтийского щита и Северо-Атлантического кратона

Объекты	Гранит-зеленокаменные области *						Области промежуточного типа				Гранулит-гнейсовые области *			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$K_{отл}$	3.9	5.2	5.5	9.7	6.4	7.4	5.4	6.2	<u>3.4</u>	4.4	4.8	5.7	6.0	4.1

Примечания. Блочные структуры: 1 – Мурманский домен; 2 – западная Гренландия и восточный Лабрадор; 3–7 – блоковые структуры Карельского кратона: 3 – Вокнаволоцкая; 4 – Тулосская; 5 – Водлозерская; 6 – северная Финляндия; 7 – Таваярвинская; 8 – Центральное Беломорье; 9 – Терский домен; 10 – Западное Беломорье; 11 – Аллареченская структура; 12 – Нотозерский блок; 13 – Приимандровская структура; 14 – Центрально-Кольский сегмент Кольско-Норвежского домена. Полуужирным шрифтом выделены структуры Кольского региона. Подчеркнуто минимальное значение $K_{отл}$.

* Типичные.

Поскольку подавляющее количество метабазитов в Кейвском домене сосредоточено в пределах патчервтундровской свиты и – в меньшей степени – в низах лебяжинской свиты [10], дополнительно были проведены исследования состава метаосадочных пород этих свит, в результате которых также выявлены черты сходства с древнейшими образованиями указанных регионов [7]. Это позволило предположить, что супракрустальные комплексы патчервтундровской и лебяжинской свит могли формироваться на завершающем этапе более древнего, в сравнении с другими архейскими комплексами региона, цикла.

Однако последние, еще не завершённые исследования авторов не исключают, что петрогеохимические характеристики пород в пределах Кейвского домена могут отражать не состав протолитов супракрустальных ассоциаций, а состав продуктов их метасоматического преобразования.

Приграничное взаимодействие Кейвского домена с окружающими его со всех сторон другими континентально-коровыми образованиями изучено весьма ограниченно. Не выявлен, к примеру, позднеархейский метаморфизм в пределах домена, хотя его коллизионные взаимоотношения с другими доменами коры непременно должны были вызвать низкоградиентный контактовый метаморфизм в периферических областях. По мнению авторов, коллизионные процессы позднеархейского возраста привели к формированию в центральной части Кольского п-ова структуры, сравнимой со срединными массивами современных коллизионных областей, например, с Южно-Китайской или Китайско-Корейской плитой.

Выводы

1. В пределах Кейвского домена установлено максимальное для архея Кольского региона породное разнообразие. Петрогеохимическая реконструкция геодинамического режима формирования протолитов пород Кейвской структуры позволяет говорить о сходстве как с комплексами внутриплитных структур и интракратонных рифтов, так и с островодужными образованиями, что не только отличает их от других комплексов архея, но и свидетельствует о своеобразии процессов их формирования, причины которого необходимо выяснить в ходе специальных исследований.

2. Сопоставление вещественного состава породных ассоциаций Кейвской структуры с метаморфитами других архейских комплексов северо-востока Балтийского щита, а также Канады и Гренландии, проведенное на основе представительного фактического материала, не позволяет установить их предпочтительную близость к гранит-зеленокаменным или гранулит-гнейсовым типам структур. Несмотря на общую обособленность по петрогеохимическим характеристикам метаморфитов Кейвского домена, отчетливо проявлена генетическая связь их состава с породами архейских структур Кольского региона.

3. Особенности вещественного состава супракрустальных комплексов позволяют предполагать, что их протолиты могли быть древнейшими в пределах Кольского региона образованиями. Однако нельзя исключать, что особенности состава метаморфических пород Кейвского домена могут отражать не состав протолитов супракрустальных ассоциаций, а состав продуктов их метасоматического преобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митрофанов Ф. П., Баянова Т. Б. Кейвский террейн в Кольском раннедокембрийском коллизиионе // Общие вопросы тектоники. М.: Недра, 2000. С. 332–334.
2. Митрофанов Ф. П. Раннедокембрийская геодинамика, магматизм и металлогения Кольской провинции // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, № 4. С. 567–570.
3. Митрофанов Ф. П., Баянова Т. Б. Геохронология корообразующих и коропреобразующих процессов при формировании Кольского глубинного раннедокембрийского коллизииона // Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты: материалы совещ. М.: ГЕОС, 1996. С. 33–37.
4. Геология архея Балтийского щита / Е. Н. Козлов [и др.]. СПб.: Наука, 2006. 354 с.
5. Геолого-петрогеохимическое своеобразие метаморфитов Кейвского домена / Е. Н. Козлов [и др.] // Наука и образование – 2006: материалы междунар. науч.-техн. конф. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. С. 314–317.
6. Эволюция вещественного состава метабазитов раннего докембрия Кольского региона / Н. Е. Козлов [и др.] // Вестник МГТУ. 2014. Т. 17, № 2. С. 304–313.
7. Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О., Мартынов Е. В. Эволюция вещественного состава супракрустальных комплексов архея // Вестник ИГ Коми НЦ СО РАН. 2015. № 1. С. 3–6.
8. Геология и геохимия метаморфических комплексов раннего докембрия Кольского полуострова / А. П. Белолипецкий. Л.: Наука, 1980. 240 с.
9. Докембрийская тектоника северо-восточной части Балтийского щита (объяснительная записка к тектонической карте масштаба 1:500 000) / А. Т. Радченко [и др.]. СПб.: Наука, 1992. 110 с.
10. Геология рудных районов Мурманской области / В. И. Пожиленко [и др.]. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 359 с.
11. Фации регионального метаморфизма Кольского полуострова / О. А. Беляев [и др.]. Л.: Наука, 1977. 88 с.
12. Объяснительная записка к геологической карте северо-восточной части Балтийского щита масштаба 1:500 000 / отв. ред. Ф. П. Митрофанов. Апатиты: КНЦ РАН, 1994. 95 с.
13. Балаганский В. В., Глазнев В. Н., Осипенко Л. Г. Раннепротерозойская эволюция северо-востока Балтийского щита: террейновый анализ // Геотектоника. 1998. № 2. С. 16–28.
14. Козлов Н. Е., Мартынов Е. В., Сорохтин Н. О. Реконструкция обстановок формирования протолитов раннедокембрийских комплексов (новые подходы) // Вестник Кольского научного центра РАН. 2013. № 2. С. 9–14.
15. Загородный В. Г., Радченко А. Т. Тектоника раннего докембрия Кольского полуострова. Л.: Наука, 1983. 96 с.
16. Мирская Д. Д. К вопросу о стратиграфии центральной части Кольского полуострова // Материалы по геологии и металлогении Кольского полуострова. Апатиты, 1972. Вып. 3. С. 3–10.
17. Бельков И. В. Кварцитовые сланцы Кейв. М.; Л.: 1963. 321 с.
18. Объяснительная записка к геологической карте северо-восточной части Балтийского щита масштаба 1:500000: препринт / А. Т. Радченко [и др.]. Апатиты: КНЦ РАН, 1994. 95 с.
19. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры / М. В. Минц [и др.] // Тр. ГИН. 1996. Вып. 503. 287 с.
20. Харитонов Л. Я. Структура и стратиграфия карелид восточной части Балтийского щита. Л., 1966. 359 с.
21. Метаморфизм супракрустальных комплексов раннего докембрия: (северо-восточная часть Балтийского щита) / В. П. Петров [и др.]. Л.: Наука, 1986. 272 с.
22. Батиева И. Д. Петрология щелочных гранитоидов Кольского полуострова. Л.: Наука, 1976. 224 с.
23. Суслова С. Н. Полиметаморфизм кристаллических сланцев Западных Кейв // Вестн. ЛГУ. Сер. геол. и геогр. 1957. Вып. 2, № 12. С. 35–43.
24. Щелочные граниты Кольского полуострова / отв. ред. О. А. Воробьева. М.; Л., 1958. 375 с.
25. Zozulya D. R., Bayanova T. B., Nelson Eby G. Geology and age of the late Archean Keivy Alkaline Province, Northeastern Baltic Shield // J. Geol. 2005. Vol. 113. P. 601–608.
26. Сидоренко А. В., Ожогин В. А. Применение аэрофотоснимков для определения первичного генезиса глубокометаморфических щелочных пород Кольского полуострова // ДАН СССР. 1968. Т. 180, № 3. С. 78–85.
27. Минц М. В. История и главные закономерности формирования раннедокембрийской коры Восточно-Европейского кратона // Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС: в 2 т. Т. 2. М.: Геокарт-Геос, 2010. С. 309–334.
28. Предовский А. А. Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. Л.: Наука. 1980. 152 с.
29. Maynard J. B., Valloni R., Yu H.-S. Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins. Trench-Forearc Geology // Sedimentation and tectonics of modern and ancient plate margins. Oxford. L. Edinburgh. Melbourne. 1982. P. 551–561.
30. Bhatia M. R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // J. Geol. 1983. Vol. 91, № 6. P. 611–627.
31. Кудряшов Н. М., Зозуля Д. Р.

Редкоземельные элементы и изотопы неодима в архейских автономных анортозитах Балтийского щита // XVII Симпозиум по геохимии изотопов им. А. П. Виноградова. М., 2004. С. 134.

Сведения об авторах

Козлов Николай Евгеньевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией Геологического института КНЦ РАН, директор АФ ФГБОУ МГТУ

E-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru

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

E-mail: mart@afmgtu.apatity.ru

Сорокhtин Николай Олегович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, ведущий научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН, профессор кафедры геологии и полезных ископаемых АФ ФГБОУ МГТУ

E-mail: nsorokhtin@mail.ru

Фомина Екатерина Николаевна – младший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: efom-10@ya.ru

Author Affiliation

Nikolay E. Kozlov – Dr. Sci. (Geol.), Head of Laboratory of the Geological Institute of the KSC of the RAS, Director of the Apatity Branch of the MSTU

E-mail: kozlovne@afmgtu.apatity.ru

Evgeny V. Martynov – PhD (Geol.), Senior Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: mart@afmgtu.apatity.ru

Nikolay O. Sorokhtin – Dr. Sci. (Geol.), Major Researcher of P. P. Shirshov Institute of Oceanology of the RAS, Leading Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS, Professor of the Apatity Branch of the MSTU

E-mail: nsorokhtin@ocean.ru

Ekaterina N. Fomina – Junior Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: efom-10@ya.ru

Библиографическое описание статьи

Козлов Н. Е. Особенности вещественного состава Кейвского домена (Кольский полуостров) / *Н. Е. Козлов [и др.]* // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2016. – № 2. – С. 30–38.

Reference

Kozlov N. E. Features of Material Composition of the Keivy Domain (the Kola Peninsula) / *N. E. Kozlov [et al.]* // Herald of the Kola Science Centre of the RAS. – 2016. – Vol. 2 (25). – P. 30–38.