

СТРАТИГРАФИЯ

УДК 551.71

НОВЫЕ ДАННЫЕ К РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ
ШКАЛЕ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА
(ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ И ВОЗРАСТ СУПРАКРУСТАЛЬНЫХ
КОМПЛЕКСОВ ТЕРРЕЙНА ИНАРИ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

© 2024 г. А. Б. Вревский^{1,2,*}, член-корреспондент РАН А. Б. Кузнецов¹, П.А. Львов^{3,1}

Поступило 21.05.2024 г.

После доработки 18.06.2024 г.

Принято к публикации 24.06.2024 г.

Впервые определён U-Th-Pb-возраст метариодацитов тальинской свиты (1926 ± 7 млн лет), принадлежащей к раннедокембрийскому вулканогенно-осадочному комплексу Кольско-Норвежской области. Новые данные относят тальинскую свиту к калевийскому надгоризонту в региональной стратиграфической шкале раннего докембра. Геохимические и Nd-изотопные данные доказывают схожесть состава типовых разновидностей метавулканитов (коматитовых базальтов, глинозёмистых метабазальтов и метариодацитов) каскамской и тальинской свит. Совокупность данных значительно расширяет представления о площади развития супракрустального комплекса калевия и раннепалеопротерозойского вулканизма в пределах Кольско-Норвежской области Фенноскандинавского щита.

Ключевые слова: Фенноскандинавский щит, террейн Инари, тальинская свита, U-Th-Pb-возраст, палеопротерозой

DOI: 10.31857/S2686739724110031

На северо-западе Кольского полуострова в пределах, соответствующих современным представлениям о тектонических границах террейна Инари [1], среди архейских (?) гранито-гнейсовых “блок-антиклиниориев” исследователи в разные годы выделяли несколько синформных структур юго-западнее “южной зоны” палеопротерозойского Печенгского палеорифта. Эти синоформные структуры сложены раннедокембрийскими вулканогенно-осадочными комплексами, которые имеют ранг стратиграфических подразделений (серий/свит/толщ): каскамская, тальинская, вырнимская, аннамская, вешаурская и ряд других [1]. Возраст и относительное положение в региональной стратиграфической шкале раннего докембра этих вулканогенно-осадочных комплексов

по данным различных осадочных исследователей принципиально отличается в зависимости использованных критериев и методов расчленения и корреляции высокометаморфизованных структурно-вещественных комплексов. Так, для каскамской и тальинской свит представления об их принадлежности к кольско-беломорскому комплексу и/или тундровой серии архея основываются как на литолого-формационных критериях [3, 4], так и на определениях высоких *PT*-параметрах регионального метаморфизма, в том числе “эклогитоподобных ассоциациях”, и единичных K-Ag-датировок [5]. Палеопротерозойский (людиковий-калевийский) возраст аннамской, вырнимской, тальинской и каскамской свит авторами обычно постулируется на основании структурно-метаморфических наблюдений, свидетельствующих об их более “молодом” возрасте относительно гранито-гнейсов архейских “блок антиклиниориев” [6, 7]. Эта неопределенность стратиграфического положения и возраста вулканогенно-осадочных комплексов северо-запада Кольского полуострова обусловлены как плохой обнажённостью территории, так и критическим дефицитом современных

¹Институт геологии и геохронологии докембра Российской Академии наук, Санкт-Петербург, Россия

²Геологический институт Кольского научного центра Российской Академии наук, Анадырь, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: avrevsky@mail.ru

изотопно-геохимических и геохронологических данных, которые являются надёжным инструментом для корреляции пространственно разобщённых метаморфических комплексов, реконструкции последовательности эндогенных процессов и их геодинамической природы.

Проведённые в последние годы изотопно-геохимические и геохронологические исследования вулканогенно-осадочных комплексов террейна Инари в Русской Лапландии позволили установить неоархейский U-Th-Pb-возраст (2718 ± 7 млн лет) никеленосных перidotитов Аллареченского месторождения, входящих в состав вулкano-плутонического комплекса аннамской свиты [6], и калевийский (1923–1926 млн лет) возраст каскамской свиты [8]. Эти данные существенно изменили представления о стратиграфической шкале этого региона. Тем не менее, для целого ряда этих комплексов отсутствие современных изотопно-геохимических и геохронологических данных обусловило неопределённость и дискуссионность представлений о тектоническом строении, стратиграфической корреляции, геодинамической эволюции и металлогеническом потенциале северо-западной части Кольско-Норвежской области Фенноскандинавского щита.

Одним из ключевых объектов для получения новых изотопных данных, существенно дополняющих наши представления о геодинамической эволюции континентальной коры террейна Инари и двух смежных, практически синхронно (2.3–1.85 млрд лет) развивавшихся интракратонного рифта Пасвик-Полмак-Печенга и Лапландского гранулитового коллизионного пояса, является тальинская свита. Её возраст интерпретируется от неоархейского, как аналога “тундровой серии” в региональной стратиграфической шкале докембria [3, 4], до палеопротерозойского, в качестве наиболее молодого члена стратиграфической последовательности южной зоны Печенгской структуры [6, 7, 14] (рис. 1).

Задачей исследования являлось определение возраста, изотопно-геохимических особенностей и положения пород тальинской свиты в хроностратиграфической шкале палеопротерозоя Кольско-Норвежской области Фенноскандинавского щита. Эти данные имеют принципиальное значение для определения границ террейна Инари и получения новых знаний для разработки критериев прогнозной металлогенической оценки на рудные полезные ископаемые полярных областей Русской Лапландии.

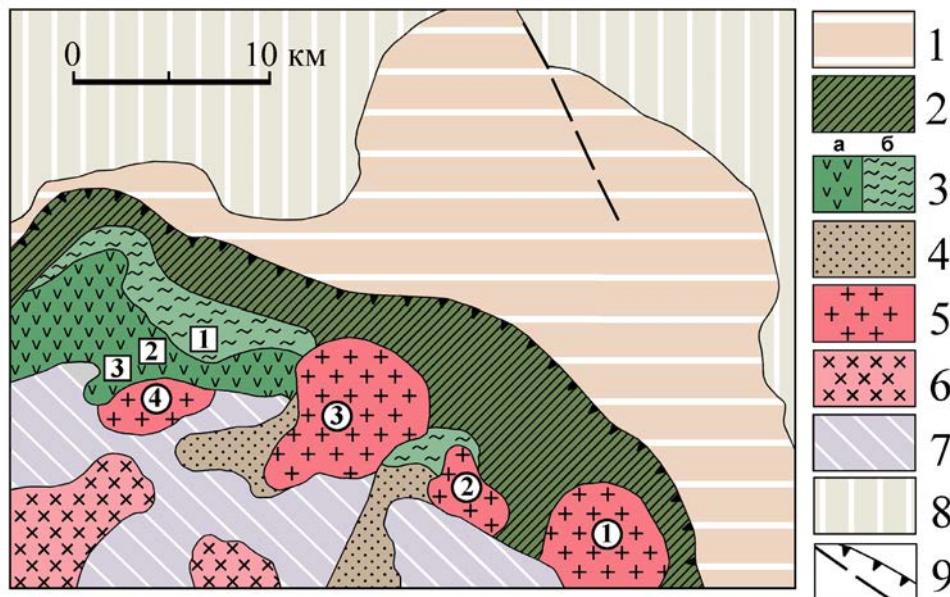


Рис. 1. Схема геологического строения северо-восточной части террейна Инари и Печенгской структуры Кольско-Норвежской области Фенноскандинавского щита. 1–2 – Печенгская структура (1 – северная зона (2400 (?))–1970 млн лет); 2 – южная зона (1895–1855 млн лет); 3 – каскамская (а) и тальинская (б) свиты (1920–1930 млн лет); 4 – вырнимская и вешаурская толщи (AR_2 – PR_1); 5 – микроклиновые, плагио-микроклиновые граниты и гранодиориты. 6 – тоналиты и эндербиты (AR_2 – PR_1); 7 – террейн Инари; 8 – Центрально-Кольский террейн; 9 – разломы и надвиги. Массивы (цифры в кружках): 1 – Шуониярвинский, 1939 ± 7 млн лет, 2 Мауньярвский, 3 – Каскельярвинский, 1950 ± 9 млн лет, Куроайвинский, $1936 \pm$ млн лет). Географические реперы (цифры в квадратах): 1 – г. Таалантунтури, 2 – г. Каскама, 3 – г. Кораблекк.

Прямые наблюдения геологических взаимоотношений пород тальинской свиты с окружающими структурно-вещественными комплексами отсутствуют, при этом они часто имеют тектонический характер. Поэтому для решения поставленных задач был принят подход, основанный на прецизионном U-Th-Pb-датировании магматического циркона и изотопно-geoхимической корреляции состава типовых магматических комплексов тальинской свиты с их предполагаемыми возрастными аналогами в каскадской свите.

Наиболее сохранившийся разрез тальинской свиты обнажён на возвышенности Тальятунтури и её северо-восточных склонах. Ширина поля развития пород свиты составляет примерно 8 км, а по простиранию породы прослеживаются в субширотном направлении более чем на 15 км вдоль тектонической границы с породами южной зоны Печенгской структуры (рис. 1). На юго-западе тальинская свита граничит с каскадской свитой при неясных геологических взаимоотношениях между ними [7].

Разрез вулканогенно-осадочного комплекса тальинской свиты имеет двучленное строение и состоит из нижней существенно вулканогенной толщи мощностью от 300 до 900 м и верхней метаосадочной (гнейсо-сланцевой), мощностью около 1000 м.

Нижняя толща сложена преимущественно пла-гио- и мономинеральными амфиболитами и Вт-Амп-сланцами, по составу варьирующих от коматитовых, глинозёмистых ($Al' > 0.76$) и толеитовых метабазалтов до андезибазалтов (табл. 1). Верхняя часть этой толщи сложена несколькими пачками мощностью 20–30 м мелкозернистых пла-гио-сланцев, лейкоократовых биотит-полевошпатовых гнейсов и пла-гиоамфиболитов. Отсутствие в них первичных структурно-текстурных признаков пак-пород и химический состав с низким значением химического индекса зрелости ($CIA = 48$) (табл. 1) позволяет рассматривать их как метаморфизован-ные аналоги кислых и средних вулканитов. Верхняя толща тальинской свиты представлена пре-имущественно серицитовыми, двуслюдяными, хло-рит-двуслюдяными кварц-полевошпатовыми с гранатом гнейсами и сланцами, имеющих граувакковый, глинисто-граувакковый и песчанико-ый первичный состав [7, 4].

Сопоставление состава и особенностей коматитовых базальтов, глинозёмистых метабазаль-тов и метариодацидов каскадской и тальинской свит позволило определить типовые разновидно-сти для изотопно-geoхимических и геохронологи-ческих исследований (табл. 1) и продемонстриро-вало близость их geoхимического состава и, что особенно важно, подобие нормированного рас-пределения близких концентраций РЗЭ (рис. 2).

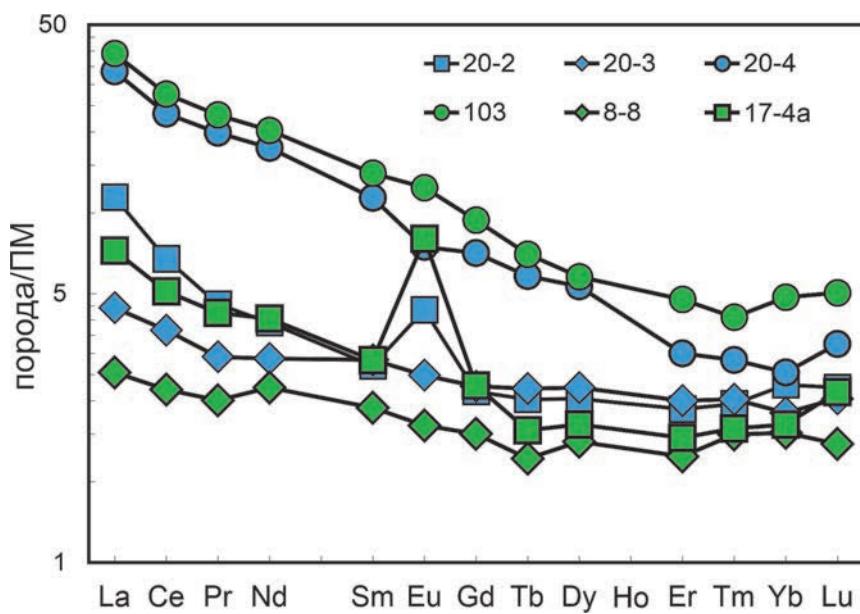


Рис. 2. Нормированное к примитивной мантии (ПМ) [13] распределение редкоземельных элементов в типовых метавулканитах каскадской (17-4а – метариодацит, 8-8 – коматитовый базальт, 103 – глинозёмистый метабазалт) и тальинской (20-2 – метариодацит, 20-3 – коматитовый базальт, 20-4 – глинозёмистый метабазалт) свит.

С целью корреляции тальинской свиты с палеопротерозойскими вулканогенно-осадочными комплексами “южной” зоны Печенгской структуры и каскамской свиты было проведено U-Th-Pb-датирование циркона, а также изучение Sm-Nd-системы в основных и кислых метавулканических обеих свит (табл. 1 и 4). U-Th-Pb-датирование выполнено на ионном микрозонде SHRIMP-II (ЦИИ ВСЕГЕИ) по методике [10]. Растворение образцов и выделение Sm и Nd проводилось по методике [9] в ИГГД РАН. Среднее значение $e^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в изотопном стандарте jNd-1 составило 0.512097 ± 0.000008 ($2\sigma, n = 4$).

Для датирования был отобран обр. 20–2 из 12-метровой пачки метариодацитов (кварц-плагиоклазовых сланцев) в верхней части нижней толщи тальинской свиты на северо-западном склоне г. Тальятунтури. При выборе образца учитывалось, что химический состав пород этой пачки (рис. 2) был аналогичен метариодацитам (обр. 17–4а) верхней толщи каскамской свиты [8]. Зёрна циркона, выделенные из метариодацита, имеют удлинённо-призматический магматический габитус ($K_y = 3–4$), сглаженные вершины и размер 400–200 · 100 мкм (рис. 3). Циркон имеет хорошо выраженную в катодной люминесценции осцилляционную

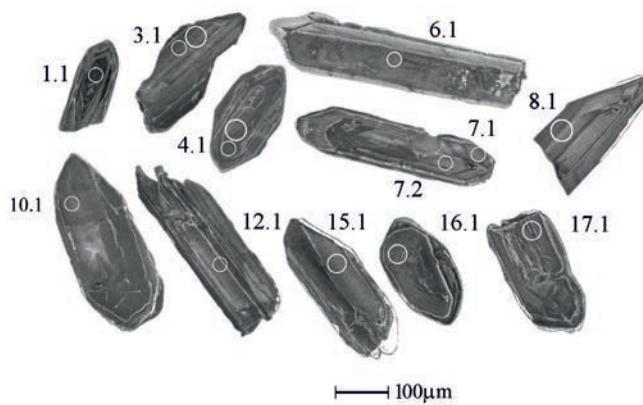
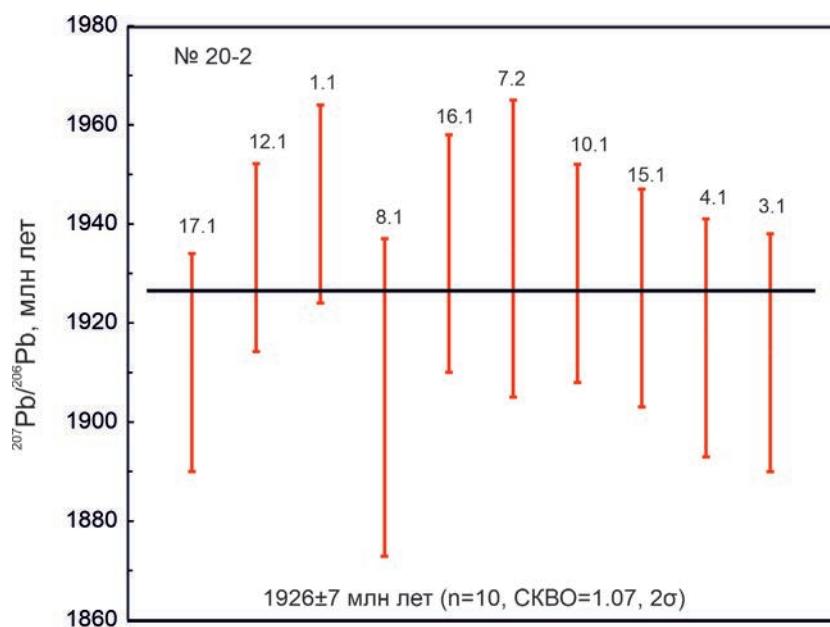


Рис. 3. Диаграмма средневзвешенного значения $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возрастов циркона из метариодацита тальинской свиты (обр. 20–2) и микрофотографии кристаллов циркона в режиме катодолюминесценции. Цифры на фото соответствуют аналитическим точкам в табл. 2 (приложение); диаметр кратера ~ 20 мкм.

зональность. Для 11 зёрен циркона по 11 аналитическим точкам (табл. 2 приложение) рассчитано средневзвешенное значение возраста 1926 ± 7 млн лет ($\text{CKBO}=1.07$) (рис. 3)

Для оценки вероятности метаморфогенного происхождения циркона и/или влияния свекофенских тектонометаморфических процессов на его U-Pb-изотопную систему был изучен состав редких и редкоземельных элементов (РЗЭ) в точках локального датирования циркона с минимальной степенью дискорданности на микрозонде Cameca IMS-4f (ЯФ ФТИАН РАН). Содержание РЗЭ в двух кристаллах циркона из метариодицита 20–2 характеризуется фракционированным нормированным распределением, характерным для магматического циркона [11] с обогащением тяжёлыми РЗЭ ($\text{Lu}_{\text{N}}/\text{Gd}_{\text{N}} = 20–19$), положительной Ce- ($\text{Ce}^* = 1.9–5.1$) и отрицательной Eu- ($\text{Eu}^* = 0.29$) аномалиями (табл. 3, приложение, рис. 4), малыми вариациями высокого содержания Hf (10104–10632 мкг/г) и низкими значениями Th/U-отношения (0.08–0.11). Оценка температур кристаллизации циркона с использованием Ti-термометра [15] продемонстрировала узкий интервал значений 730–740°C (табл. 3, приложение), что соответствует температурам кристаллизации дацитовых расплавов [12] и выше температуры метаморфических преобразований каскадской свиты (650–670°C [3]).

Изучение Sm-Nd-системы в основных и кислых метавулканитах тальинской свиты и аналогичных метавулканитов каскадской свиты позволило сравнить источники исходных расплавов вулканогенных пород обеих свит. Значения $\varepsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ в метариодицатах и глинозёмистых метабазальтах тальинской и каскадской свит лежат в близких пределах, соответственно $+0.8...+1.3$ и $+1.1...+1.3$ (табл. 4). Значения $\varepsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ в коматитовых базальтах обеих свит также близки – соответственно $+3.9$ и $+3.1$, (табл. 4). Положительные величины $\varepsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ свидетельствуют об ювенильной природе исходных расплавов в обеих свитах. Источником первичных расплавов метариодицатов, вероятно, была континентальная кора, а метабазальтов – литосферная мантия. Эти данные указывают на принципиальное отличие источников метавулканитов тальинской свиты от источников метавулканитов южной зоны Печенгской структуры с низкими значениями первичного отношения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, которым отвечает среднее значение $\varepsilon_{\text{Nd}}(\text{T}) - 5.0 \pm 1.0$ [14].

Полученные новые U-Th-Pb-данные о возрасте метариодицатов тальинской свиты (1926 ± 7 млн лет) позволяют отнести её к калевийскому надгоризонту палеопротерозоя региональной стратиграфической шкале раннего докембра [5]. Новые геохимические и Nd-изотопные данные указывают на схожесть состава типовых разновидностей метавулканитов (коматитовых базальтов, глинозёмистых метабазальтов и метариодицатов)

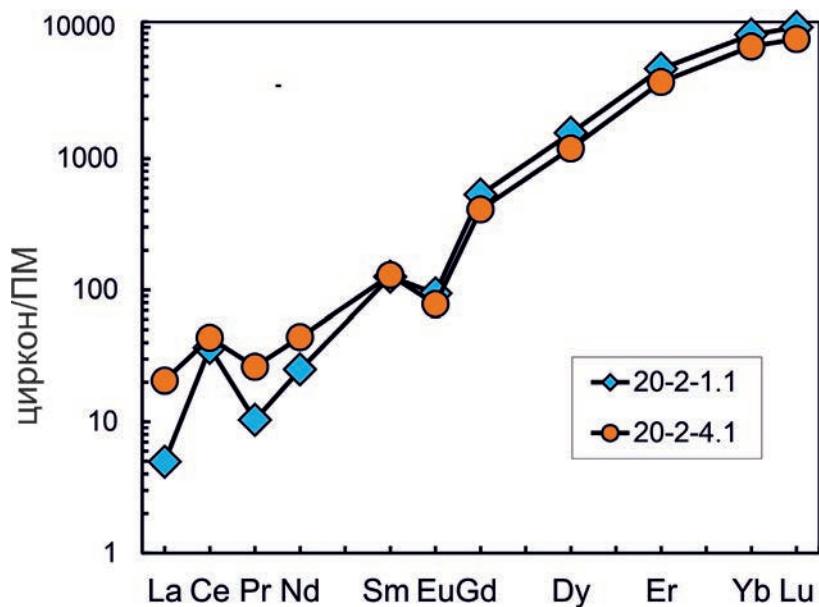


Рис. 4. Распределение РЗЭ в цирконе из метариодицита тальинской свиты (обр. 20–2). Содержания РЗЭ нормированы по примитивной мантии (ПМ) [13].

каскамской и тальинской свит, что согласуется с их одинаковым возрастом. Таким образом представленные новые геохронологические и изотопно-геохимические данные значительно расширили представления о масштабах развития (рис. 1) супракrustального комплекса калевийского надгоризонта палеопротерозоя Кольско-Норвежской области Фенноскандинавского щита.

Установленные в верхней части вулканогенного разреза тальинской свиты (г. Тальятунтури) и в верхней толще каскамской свиты (г. Кораблекк) пачки подобных по изотопно-геохимическому составу и возрасту метариодацитов позволяет рассматривать их в качестве маркирующего горизонта калевийского вулканизма при стратиграфическом расчленении и корреляции “немых” вулканогенно-осадочных комплексов вырнимской и вешаурской толщ террейна Инари на северо-западе Кольско-Норвежской области Фенноскандинавского щита.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ.

Исследование выполнено за счёт средств гранта Российской научного фонда № 24-27-00041.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lahtinen R; Huhma H.* A revised geodynamic model for the Lapland-Kola orogen // Precambrian Res. 2019. V. 330. P. 1–19.
2. Беляев О.А. Разрезы докарельских образований северо-запада Кольского полуострова (Южное обрамление Печенгского синклиниория) // Стратиграфические подразделения докембрия Кольского полуострова и их корреляции. Апатиты. 1978. С. 19–25.
3. Кремнецкий А.А. Метаморфизм основных пород докембрая и генезис амфиболитов. М., 1979. С. 26–57.
4. Суслова Н.К. К вопросу о литологическом составе гнейсо-сланцевой толщи тундры Талья (Кольский полуостров) // Проблемы литологии докембрая. Л.: Наука. 1971. С. 84–108.
5. Общая стратиграфическая шкала нижнего докембра России. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2002. 13 с.
6. Вревский А.Б., Турченко С.И. Возраст, изотопные особенности и формационный тип пород и руд Аллареченского сульфидного Cu-Ni месторождения Фенноскандинавского щита // Петрология. 2021. Т. 29. № 4. С. 388–410.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 200 000. Издание второе. Серия Кольская. Объяснительная записка / А. М. Ремизова, А. Б. Дуракова, Л. Р. Семенова и др.; Минприроды России. М.: Московский филиал ФГБУ “ВСЕГЕИ”. 2021.
8. Вревский А.Б., Кузнецов А.Б., Львов П.А. Возраст и стратиграфическое положение супракrustального комплекса каскамского блока террейна Инари (северо-восток Кольско-Норвежской области Фенноскандинавского щита) // Доклады РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 511. № 2. С. 25–33.
9. Горохов И.М., Мельников Н.Н., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В., Турченко Т.Л. Sm-Nd систематика тонкозернистых фракций нижнекембрийских “синих глин” Северной Эстонии // Литология и полез. ископаемые. 2007. № 5. С. 536–551.
10. Larionov A.N., Andreichev V.L., Gee D.G. The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: Ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite. // Geological Society London Memoirs. 2004. V. 30. P. 69–74. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2004.030.01.07>.
11. Федотова А.А., Бибикова Е.В., Симакин С.Г. Геохимия циркона (данные ионного микрозонда) как индикатор генезиса минералов при геохронологических исследованиях // Геохимия. 2008. № 9. С. 980–997.
12. Anderson A.T., Davis A.M., Lu F. Evolution of the Bishop Tuff rhyolitic magma based on melt and magnetite inclusions and zoned phenocrysts // J. Petrol. 2000. V. 41. P.449–473.
13. McDonough W.F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. P. 223–253.
14. Skuf'ин P.K., Theart H.F.J. Geochemical and tectono-magmatic evolution of the volcano-sedimentary rocks of Pechenga and other greenstone fragments of the Kola Greenstone Belt // Precambrian Research. 2005. V.141. P. 1–48.
15. Watson E.B., Wark D.A., Thomas J.B. Crystallization thermometers for zircon and rutile// Contrib. Mineral. Petrol. 2006. V. 151. P. 413–433.

**NEW DATA FOR THE REGIONAL STRATIGRAPHIC SCALE
OF THE PALEOPROTEROZOIC OF THE FENNOSCANDIAN
SHIELD (ISOTOPIC GEOCHEMISTRY AND AGE
OF SUPRACRUSTAL COMPLEXES, INARI TERRANE,
KOLA PENINSULA)**

A. B. Vrevsky^{a,b,‡}, Corresponding member of the RAS A. B. Kuznetsov^a, P. A. Lvov^c

^a*Institute of Precambrian geology and geochronology, Russian Academy of Sciences,
St-Petersburg, Russian Federation*

^b*Geological Institute, Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation*

^c*A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St-Petersburg, Russian Federation*

[‡]*E-mail: avrevsky@mail.ru*

New isotopic data presented in this paper have made it possible to determine the stratigraphic position of the Talinskaya Formation in the regional stratigraphic scale of the Early Precambrian. The U-Th-Pb age of 1926 ± 7 Ma obtained for metariodacites of the Talinskaya Formation for the first time () indicates that this formation is coeval to the Kaskamakaya Formation, which, together with a similar isotope-geochemical composition of the type varieties of the Kaskamskaya and Talinskaya formations (komatiite basalts, aluminous metabasalts, and metariodacites), significantly expands the understanding of the size of the area which is composed of the Paleoproterozoic Kalevian Superhorizon in the Kola-Norwegian region of the Fennoscandian shield.

Keywords: Fennoscandian shield, Inari terrane, Talinskaya Formation, U-Th-Pb age, Paleoproterozoic

Таблица 1. Содержание петрогенных оксидов (мас. %), редких и редкоземельных элементов (мкг/г) в представительных образцах типовых разновидностей метавулканитов каскадской и тальинской свит

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------|--------|--------|-------|------------------|--------|--------|----------------------------------|------------------|-------|------|-------|------------------|------|
| № обр. | 20–2 | 20–4 | 20–3 | 17–4a | 103 | 8–8 | № обр. | 20–2 | 20–4 | 20–3 | 17–4a | 103 | 8–8 |
| Тальинская свита | | | | Каскадская свита | | | | Тальинская свита | | | | Каскадская свита | |
| SiO ₂ | 70.55 | 49.14 | 43.88 | 71.00 | 48.80 | 41.87 | La | 2.71 | 7.95 | 1.05 | 1.71 | 9.26 | 0.60 |
| TiO ₂ | 0.28 | 0.55 | 0.41 | 0.20 | 0.52 | 0.05 | Ce | 4.13 | 14.33 | 2.24 | 3.13 | 16.94 | 1.35 |
| Al ₂ O ₃ | 13.30 | 15.23 | 16.92 | 12.80 | 15.31 | 18.70 | Pr | 0.42 | 1.84 | 0.27 | 0.39 | 2.14 | 0.19 |
| FeO* | 5.01 | 11.07 | 10.85 | 5.73 | 12.39 | 8.59 | Nd | 1.78 | 7.96 | 1.31 | 1.85 | 9.25 | 1.02 |
| MnO | 0.08 | 0.16 | 0.28 | 0.10 | 0.18 | 0.17 | Sm | 0.40 | 1.68 | 0.42 | 0.42 | 2.08 | 0.28 |
| MgO | 1.19 | 6.16 | 14.03 | 1.51 | 7.58 | 15.14 | Eu | 0.25 | 0.42 | 0.14 | 0.45 | 0.70 | 0.12 |
| CaO | 5.49 | 13.51 | 11.12 | 5.05 | 11.53 | 12.57 | Gd | 0.43 | 1.41 | 0.45 | 0.45 | 1.87 | 0.30 |
| Na ₂ O | 2.63 | 1.90 | 1.47 | 2.72 | 1.14 | 1.42 | Tb | 0.07 | 0.21 | 0.08 | 0.06 | 0.25 | 0.04 |
| K ₂ O | 0.26 | 0.60 | 0.48 | 0.15 | 0.16 | 0.41 | Dy | 0.50 | 1.31 | 0.55 | 0.40 | 1.42 | 0.35 |
| P ₂ O ₅ | 0.07 | 0.86 | 0.08 | 0.10 | 0.14 | 0.07 | Er | 0.30 | 0.48 | 0.32 | 0.23 | 0.76 | 0.20 |
| ппп | 1.19 | 1.06 | 0.35 | 0.93 | 2.24 | 1.32 | Tm | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.10 | 0.03 |
| Сумма | 100.05 | 100.24 | 99.87 | 100.29 | 100.01 | 100.31 | Yb | 0.37 | 0.41 | 0.29 | 0.26 | 0.78 | 0.24 |
| Cr | 15.1 | 96.3 | 135.4 | 29.9 | 83.4 | 118.4 | Lu | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.12 | 0.03 |
| Ni | 12.8 | 70.9 | 208.3 | 13.0 | 55.7 | 179.8 | Eu _N * | 2.70 | 3.80 | 2.75 | 3.13 | 1.06 | 0.95 |
| Co | 7.9 | 38.1 | 67.6 | 9.6 | 45.1 | 73.2 | (La/Sm) _N | 5.81 | 8.76 | 3.38 | 2.55 | 2.79 | 1.35 |
| Rb | 7.9 | | | 3.4 | 2.7 | 3.5 | (Sm/Yb) _N | 0.09 | 0.07 | 0.02 | 1.74 | 2.89 | 1.24 |
| Sr | 241.7 | 287.6 | 176.3 | 204.4 | 229.0 | 146.9 | La _N /Yb _N | 0.52 | 0.62 | 0.06 | 4.43 | 8.06 | 1.67 |
| Ti | 970 | 2800 | 587 | 1466 | 2932 | 450 | Gd _N /Yb _N | 0.37 | 0.16 | 0.07 | 1.40 | 1.94 | 0.99 |
| Zr | 9.5 | 18.2 | 5.8 | 3.7 | 20.2 | 4.6 | CIA | 48 | | | 48 | | |
| Y | 2.6 | 7.2 | 2.1 | 2.2 | 6.9 | 1.7 | Al' | | 0.87 | | | 0.76 | |

Примечание. 1 и 4 – метариодазит, 2 и 5 – глинозёмистый метабазальт, 3 и 6 – коматитовый базальт.

$$\text{CIA} = 100 \cdot [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \text{ (мол. \%)} - \text{химический индекс зрелости; Al}' = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{FeO}^* + \text{MgO})$$

Таблица 2. Результаты U-Th-Pb (SHRIMP II)-датирования циркона из метариодазита 20-2 тальинской свиты

| № аналит. точки | U, мкг/г | Th мкг/г | Th/U | $^{206}\text{Pb}^*$, мкг/г | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$ | ±% | $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ | ±% | $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ | ±% | Возраст | | D ± | err согл | | |
|-----------------|----------|----------|------|-----------------------------|------------------------------------|-----|---------------------------------------|------|------------------------------------|-----|----------------------------------|--------------------------|------|----------|------|-----|
| | | | | | | | | | | | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | $^{207}/^{206}\text{Pb}$ | ±% | | | |
| 17.1 | 647 | 103 | 0.16 | 185 | 3.0140 | 1.5 | 0.11795 | 0.57 | 5.355 | 1.7 | 1847 | 25 | 1912 | 11 | 0.93 | 3.5 |
| 12.1 | 803 | 97 | 0.12 | 229 | 3.0110 | 1.5 | 0.11897 | 0.51 | 5.424 | 1.6 | 1848 | 24 | 1933 | 9 | 0.94 | 4.6 |
| 1.1 | 642 | 60 | 0.09 | 185 | 2.9780 | 1.5 | 0.11955 | 0.57 | 5.519 | 1.6 | 1867 | 25 | 1944 | 10 | 0.93 | 4.2 |
| 8.1 | 345 | 34 | 0.10 | 100 | 2.9750 | 1.6 | 0.11831 | 0.79 | 5.405 | 1.8 | 1868 | 26 | 1905 | 16 | 0.87 | 2.0 |
| 16.1 | 523 | 66 | 0.13 | 152 | 2.9500 | 1.5 | 0.11911 | 0.63 | 5.541 | 1.7 | 1882 | 25 | 1934 | 12 | 0.92 | 2.8 |
| 7.2 | 449 | 55 | 0.12 | 131 | 2.9490 | 1.6 | 0.11906 | 0.84 | 5.544 | 1.8 | 1882 | 25 | 1935 | 15 | 0.88 | 2.8 |

Таблица 2. Окончание

| № аналит. точка | U, мкг/г | Th, мкг/г | Th/U | $^{206}\text{Pb}^*/\text{U}$, мкг/г | $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$ | $\pm\%$ | $^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$ | $\pm\%$ | $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ | $\pm\%$ | Возраст | | err corr | $D \pm \%$ | | |
|-----------------------|----------|-----------|------|--------------------------------------|------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|----------------------------------|--------------------------|----------|------------|------|------|
| | | | | | | | | | | | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | $^{207}/^{206}\text{Pb}$ | $\pm\%$ | | | |
| 10.1 | 555 | 52 | 0.09 | 162 | 2.9390 | 1.5 | 0.11871 | 0.61 | 5.549 | 1.7 | 1888 | 25 | 1930 | 11 | 0.92 | 2.2 |
| 15.1 | 561 | 69 | 0.12 | 164 | 2.9330 | 1.5 | 0.11808 | 0.61 | 5.544 | 1.7 | 1891 | 25 | 1925 | 11 | 0.93 | 1.8 |
| 4.1 | 474 | 55 | 0.12 | 140 | 2.9070 | 1.5 | 0.11829 | 0.64 | 5.569 | 1.7 | 1906 | 26 | 1917 | 12 | 0.91 | 0.6 |
| 3.1 | 502 | 55 | 0.11 | 150 | 2.8800 | 1.5 | 0.11786 | 0.61 | 5.612 | 1.7 | 1922 | 26 | 1914 | 12 | 0.92 | -0.4 |

Примечание. Звёздочкой отмечены изотопные отношения, исправленные на измеренный ^{204}Pb . Погрешности определения изотопных отношений приведены на уровне 1σ , а погрешности оценок – 2σ , err corr – коэффициент корреляции ошибок отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ и $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $D \pm \%$ – процент дискордантности.

Таблица 3. Содержание (мкг/г) редкоземельных и редких элементов в цирконе из метариодицита тальинской свиты (обр. 20–2)

| | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Dy | Er | Yb | Lu |
|-----|------|-------|------|-------|-------|------|--------|----------------------------------|------------------------|---------|--------|
| 1.1 | 1.17 | 22.38 | 0.96 | 11.54 | 18.65 | 5.29 | 105.73 | 384.98 | 772.42 | 1412.38 | 245.16 |
| 4.1 | 4.87 | 26.66 | 2.44 | 20.06 | 19.16 | 4.39 | 81.56 | 293.61 | 612.16 | 1149.29 | 200.00 |
| | Ti | Hf | Th* | U* | Th/U | Eu* | Ce* | Lu _N /Gd _N | T ^o (Ti), C | | |
| 1.1 | 8.59 | 10104 | 69 | 641 | 0.11 | 0.29 | 5.11 | 19 | 730 | | |
| 4.1 | 9.61 | 10632 | 55 | 666 | 0.08 | 0.29 | 1.87 | 20 | 740 | | |

Таблица 4. Результаты Sm–Nd-изотопных исследований

| № обр. | местоположение | | порода | U-Pb возраст млн лет | Sm мкг/г | Nd мкг/г | $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | εNdT | TDM млрд лет |
|-----------|---------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 103 | Каскамская свита | г. Кораблекк | глиноземистый метабазальт | 1928 | 2.34 | 10.76 | 0.13143 | 0.511867 | 1.1 | 2.37 |
| 17–4а | | г. Каскама | метариодицит | 1930 | 0.629 | 1.998 | 0.13127 | 0.511871 | 1.3 | 2.36 |
| 8–8 | | г. Кораблекк | коматиитовый базальт | 1930 | 0.267 | 0.99 | 0.16308 | 0.512371 | 3.1 | |
| 20–2 | Тальинская свита | г. Тальятунтури | метариодицит | 1926 | 0.521 | 2.12 | 0.13113 | 0.511847 | 0.8 | 2.38 |
| 20–3 | | Там же | коматиитовый базальт | 1926 | 0.296 | 1.30 | 0.16789 | 0.512471 | 3.9 | |
| 20–4 | | Там же | глиноземистый метабазальт | 1926 | 2.06 | 8.73 | 0.13292 | 0.511896 | 1.3 | 2.36 |