

УДК 551.71

МЕЗО- И НЕОАРХЕЙСКИЕ КИСЛЫЕ ВУЛКАНИТЫ ГИМОЛЬСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА

Н. С. Нестерова*, А. И. Слабунов

Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910), *nest345@gmail.com

Гимольский зеленокаменный пояс (ГЗП) расположен в центральной части Карельского кратона Фенноскандинавского щита. Слагающие его вулканогенные и осадочные породы гимольской серии рассматриваются как стратотип вулканогенно-осадочного разреза верхнего лопия (неоархея) Центральной Карелии. Зеленокаменный комплекс ГЗП с угловым несогласием перекрывается палеопротерозойскими (сумийскими, ятулийскими) образованиями. Полученные оригинальные геологические и геохронологические данные позволяют предложить новую модель стратификации зеленокаменного комплекса ГЗП. В наименовании новых стратиграфических единиц максимально сохраняются уже имеющиеся названия. Гимольский зеленокаменный пояс, как полагают авторы, состоит из трех стратотектонических ассоциаций (СТА): гимолоозерской, межезерской и суккозерской. По результатам изотопного датирования цирконов (LA-ICP-MS) из кислых вулканитов показано, что возраст андезитов межезерской СТА – 2824 ± 3 млн лет, андезибазальтов, переслаивающихся с полимиктовыми конгломератами, – $2752 \pm 2,4$ млн лет. Неоархейские кислые вулканиты были и раньше известны в составе ГЗП, но теперь впервые установлены и мезоархейские. Западный борт ГЗП слагают базальты гимолоозерской СТА. По особенностям химического и изотопного состава эти метабазальты аналогичны основным породам коматиит-базальтовой толщи контоксской серии Костомукшского зеленокаменного пояса. Таким образом, впервые получен набор геохронологических и геологических данных, который позволяет обосновать выделение в составе ГЗП трех СТА: 1) гимолоозерской, базальтовой (наиболее вероятно, мезоархейской); 2) межезерской, сложенной андезитами с прослоями BIF и углеродистых сланцев, возраст которой оценивается как мезоархейский (2,82–2,81 млрд лет); 3) суккозерской, сложенной андезибазальт-андезитами с линзами конгломератов, имеющей неоархейский (2,76–2,74 млрд лет) возраст.

Ключевые слова: Гимольский зеленокаменный пояс; Карельский кратон; Фенноскандинавский щит; кислый вулканизм; неоархей; мезоархей

Для цитирования: Нестерова Н. С., Слабунов А. И. Мезо- и неоархейские кислые вулканиты Гимольского зеленокаменного пояса Карельского кратона Фенноскандинавского щита // Труды Карельского научного центра РАН. 2025. № 5. С. 109–113. doi: 10.17076/geo2160

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2023-0009).

N. S. Nesterova*, A. I. Slabunov. MESO-NEOARCHEAN FELSIC VOLCANICS OF THE GIMOLY GREENSTONE BELT, KARELIAN CRATON, FENNOSCANDIAN SHIELD

*Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences (11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia), *nest345@gmail.com*

The Gimoly Greenstone Belt (GGB) is located in the central Karelian Craton on the Fennoscandian Shield. The volcanogenic and sedimentary rocks of the Gimoly Group are interpreted as a stratotype of an Upper Lopian (Neoproterozoic) volcano-sedimentary rock sequence in Central Karelia. The GGB's granite-greenstone complex is overlain with angular unconformity by Paleoproterozoic (Sumian, Jatulian) rocks. We propose a new model for the stratification of the GGB's greenstone complex based on original geological and geochronological data. New stratigraphic units are given the older names that are already in use. The authors assume that the Gimoly Greenstone Belt consists of three stratotectonic associations (STA): Gimolozero, Mezhozero, and Sukkozero. Isotopic dating of zircons (LA-ICP-MS) from felsic volcanics shows that the age of 1) andesites from the Mezhozero STA is 2824 ± 3 Ma, and 2) that of andesite-basalts interbedded with polymictic conglomerates is 2752 ± 2.4 Ma. Neoproterozoic felsic volcanics have been known as part of the GGB previously, but their Mesoproterozoic counterparts have been found for the first time. GGB's western flank consists of Gimolozero STA's basalts. These metabasalts are similar in chemical and isotopic composition to the mafic rocks occurring in the komatiitic-basaltic sequence of the Kontokki Group of the Kostomuksha Greenstone Belt. Thus, the new geochronological and geological data can now be used for differentiating three STAs in the GGB 1) the Gimolozero basaltic (most probably Mesoproterozoic) STA, 2) The Mezhozero STA made up of andesites and interbedded with BIF and carbonaceous schists dated as Mesoproterozoic (2.82–2.81 Ga), and 3) the Sukkozero STA composed of andesite basalt-andesites with conglomerate lenses of Neoproterozoic (2.76–2.74 Ga) age.

Keywords: Gimoly Greenstone Belt; Karelian Craton; Fennoscandian Shield; felsic volcanics; Neoproterozoic; Mesoproterozoic

For citation: Nesterova N. S., Slabunov A. I. Meso-Neoproterozoic felsic volcanics of the Gimoly greenstone belt, Karelian Craton, Fennoscandian Shield. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2025. No. 5. P. 109–113. doi: 10.17076/geo2160

Funding. The study was funded from the Russian federal budget through state assignment to KarRC RAS (FMEN-2023-0009).

Гимольский зеленокаменный пояс (ГЗП) расположен в центральной части Карельского кратона Фенноскандинавского щита (рис. 1). Он сложен, как представляется [Чернов и др., 1970; Егорова и др., 2025 и ссылки в ней], породами гимольской серии и является стратотипом вулканогенно-осадочного разреза верхнего лопия (неоархея) Центральной Карелии. Зеленокаменный комплекс ГЗП с угловым несогласием перекрывается протерозойскими (сумийскими, ятулийскими) образованиями.

В строении гимольской серии исторически выделяются суккозерская, костомукшская, межезерская и кадиозерская свиты [Чернов и др., 1970 и др.]. По составу и строению эти свиты не всегда четко различаются, поэтому их выделение несколько условно. При этом стратиграфическое положение и возраст пород гимольской серии, в том числе в ГЗП, до сих пор остаются дискуссионными [Егорова и др., 2025].

Проведенные в 2022–2024 гг. исследования [Слабун и др., 2024] позволяют выделить в составе стратотектонического разреза ГЗП следующие стратотектонические ассоциации (СТА), или свиты – гимолоозерскую, межезерскую и суккозерскую.

Гимолоозерская СТА представлена метабазами и слагает западный борт ГЗП (рис. 1). По особенностям химического и изотопного состава эти метабазы аналогичны основным породам коматиит-базальтовой толщи контокской серии Костомукшского зеленокаменного пояса, в т. ч. по положительным значениям $\epsilon Nd_{(2800)}$ (от +1,6 до +3).

Межезерская СТА представлена метаморфизованными лавами и туфами андезитов, с которыми переслаиваются полосчатые железистые кварциты и углеродистые сланцы. Эти породы слагают восточный борт ГЗП (рис. 1). Результаты изотопного датирования цирконов (LA-ICP-MS) из андезитов показали, что их U-Pb-возраст оценивается в 2824 ± 3 млн лет (рис. 2, а).

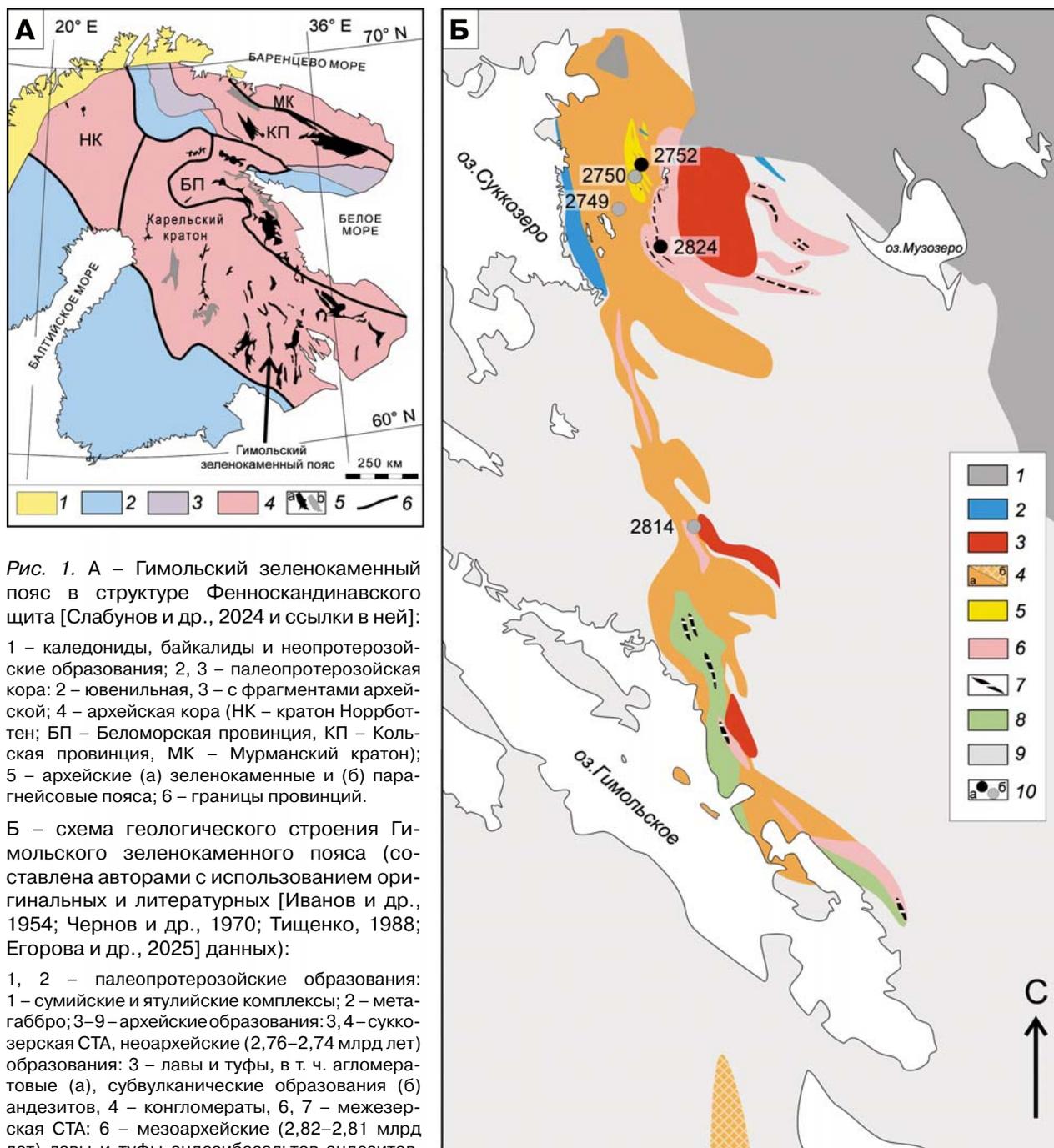


Рис. 1. А – Гимольский зеленокаменный пояс в структуре Фенноскандинавского щита [Слабунов и др., 2024 и ссылки в ней]:

1 – каледониды, байкалиды и неопротерозойские образования; 2, 3 – палеопротерозойская кора: 2 – ювенильная, 3 – с фрагментами архейской; 4 – архейская кора (НК – кратон Норрботтен; БП – Беломорская провинция, КП – Кольская провинция, МК – Мурманский кратон); 5 – архейские (а) зеленокаменные и (б) парагнейсовые пояса; 6 – границы провинций.

Б – схема геологического строения Гимольского зеленокаменного пояса (составлена авторами с использованием оригинальных и литературных [Иванов и др., 1954; Чернов и др., 1970; Тищенко, 1988; Егорова и др., 2025] данных):

1, 2 – палеопротерозойские образования: 1 – сумийские и ятулийские комплексы; 2 – метагаббро; 3–9 – архейские образования: 3, 4 – суккозерская СТА, неоархейские (2,76–2,74 млрд лет) образования: 3 – лавы и туфы, в т. ч. агломеративные (а), субвулканические образования (б) андезитов, 4 – конгломераты, 6, 7 – межезерская СТА: 6 – мезоархейские (2,82–2,81 млрд лет) лавы и туфы андезибазальтов-андезитов, 7 – полосчатые железистые кварциты, 8 – Гимолоозерская СТА, мезоархейские метабазалты, 9 – гранитоиды ТТГ-ассоциации; 10 – места отбора геохронологических проб и их возраст (в млн лет): настоящее исследование (а), по: Левченков и др., 2000; Кучеровский и др., 2023, 2024 (б)

Fig. 1. A – Gimoly Greenstone Belt in the Fennoscandian Shield's structure [Slabunov et al., 2024 and references therein].

1 – Caledonides, Baikalides and Neoproterozoic rocks; 2, 3 – Paleoproterozoic earth crust: 2 – juvenile, 3 – with fragments of Archean crust; 4 – Archean earth crust (НК – Norrbotten Craton; БП – Belomorian Province, КП – Kola Province, МК – Murmansk Craton); 5 – Archean greenstone (a) and paragneiss (б) belts; 6 – boundaries of provinces.

Б – Schematic geological map of the Gimoly Greenstone Belt (made up by the authors using original data and the data after [Ivanov et al., 1954; Chernov et al., 1970; Tishchenko, 1988; Egorova et al., 2025]):

1, 2 – Paleoproterozoic earth crust: 1 – Sumian and Jatulian complexes, 2 – metagabbro; 3–9 – Archean earth crust: 3, 4 – Sukkozero STA (2.76–2.74 Ga): 3 – lavas and tufts, including agglomerate (a), subvolcanic (б) of andesites, 4 – conglomerate, 6, 7 – Mezhozero STA: 6 – Mesoarchean (2.82–2.81 Ga) lavas and tufts of andesite-basalts-andesites, 7 – banded iron formation, 8 – Gimolozero STA, Mesoarchean metabasalts, 9 – TTG granitoids; 10 – locations of geochronological samples and age (Ma): this study (a), Levchenkov et al., 2000; Kucherovsky et al., 2023, 2024 (б)

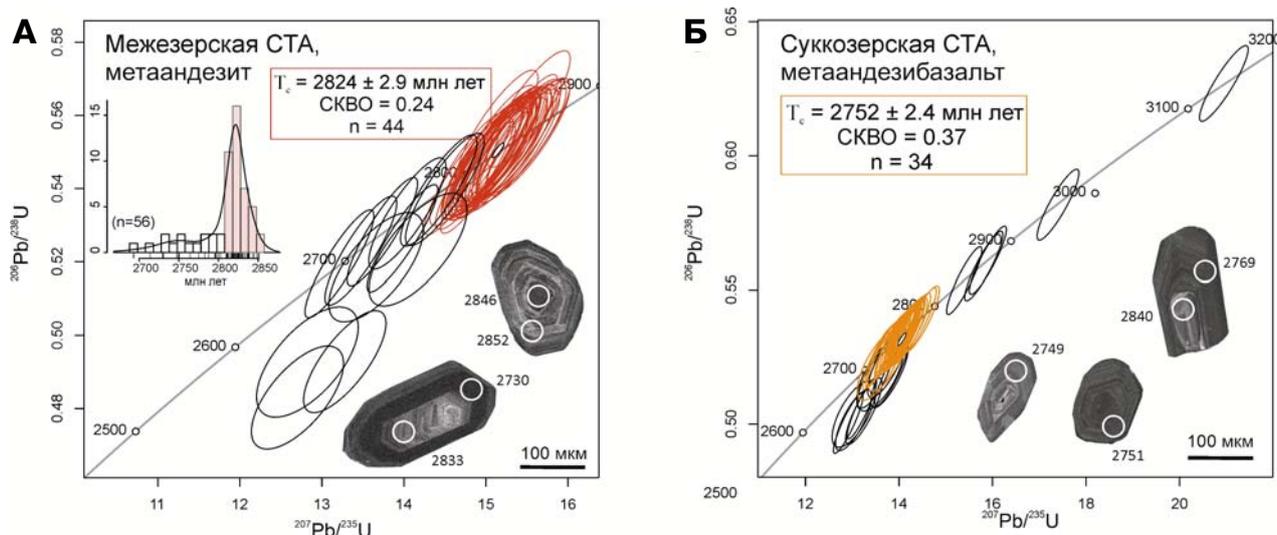


Рис. 2. Морфология и возраст цирконов из метаандезита межезерской СТА (А) и метаандезитобазальта суккозерской СТА ГЗП (Б):

на диаграммах с конкордией показан конкордантный возраст магматических цирконов (T_c), на врезках – CL-изображения цирконов с точками датирования и значениями ^{207}Pb - ^{206}Pb возраста в млн лет; на дополнительной врезке – гистограмма ^{207}Pb - ^{206}Pb возрастов, n – количество аналитических точек с дискордантностью < 10 %. Выделение циркона осуществлялось в ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск), U-Pb (LA-ICP-MS) геохронологическое исследование – в ГИН РАН (г. Москва)

Fig. 2. Morphology and age of zircons from metaandesites of the Mezhozero STA (A) and metaandesite-basalts of the Sukkozzero STA, Gimoly Greenstone Belt (B):

the Concordian diagram shows the concordant age of magmatic zircons (T_c), insets show the CL-images of zircons with dating points and ^{207}Pb - ^{206}Pb age values, Ma; the additional inset shows a histogram of ^{207}Pb - ^{206}Pb ages, n – the number of analytical points with discordance < 10 %. Zircon grains were separated at IG KarRC, RAS, Petrozavodsk, U-Pb (LA-ICP-MS) geochronological studies were carried out at GIN, RAS, Moscow

Таким образом, в поясе впервые установлены кислые вулканы мезоархейского возраста. Вероятно, источником мезоархейских (~2815 млн лет) цирконов [Кучеровский и др., 2024] в вулканогенно-осадочных породах центральной части пояса являются вулканы межезерской СТА.

Наиболее широко в ГЗП развиты породы суккозерской СТА (рис. 1), представленные лавами и туфами (в т. ч. агломератовыми) андезитобазальтов-андезитов, которые ассоциируют с полимиктовыми конгломератами. U-Pb-возраст циркона из тонкого прослоя (лавового потока) андезитобазальтов, залегающего среди конгломератов, оценивается как неоархейский – $2752 \pm 2,4$ млн лет (рис. 2, б). Этот возраст хорошо согласуется с возрастом кислых вулкаников этой СТА: 2749 ± 5 млн лет [Левченков и др., 2000] и 2736 ± 2 млн лет [Егорова и др., 2025], а также с оценкой возраста конгломератов 2,75 млрд лет [Кучеровский и др., 2023].

Таким образом, впервые получен набор геохронологических и геологических данных, который позволяет обосновать выделение в составе ГЗП трех СТА: 1) гимолоозерской – базальтовой (наиболее вероятно, мезоархейской), 2) межезерской – сложенной андезитами

с прослоями VIF и углеродистых сланцев, возраст которой оценивается как мезоархейский (2,82–2,81 млрд лет), и 3) неоархейской (2,76–2,74 млрд лет) суккозерской – сложенной андезитобазальт-андезитами с линзами конгломератов.

Литература

Егорова Ю. С., Чекулаев В. П., Кучеровский Г. А., Иванова А. А., Сальникова Е. Б., Плоткина Ю. В., Арестова Н. А. Неоархейские Ba-Sr метадациты Карельской провинции Фенноскандинавского щита: U-Pb геохронология, состав, Sm-Nd систематика, эффузивные аналоги санукитоидов // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2025. Т. 33, № 3. С. 3–25. doi: 10.31857/S0869592X25030016

Иванов А. Н., Бреслер С. М., Михеичев А. С. Отчет о геолого-разведочных работах, проведенных на Межозерском железорудном месторождении (Петровский район КФССР) в 1951–1954 гг. Петрозаводск, 1954.

Кучеровский Г. А., Егорова Ю. С., Адамская Е. В., Чекулаев В. П., Арестова Н. А., Плоткина Ю. В. U-Pb (SIMS, LA-ICP-MS) возраст циркона из двуслюдяного кварцито-гнейса кадиоозерской свиты «гимольской серии» Гимольско-Суккозерской структуры (Карельская провинция, Фенноскандинавский щит) // Труды Ферсмановской научной

сессии ГИ КНЦ РАН. 2024. Т. 21. С. 165–175. doi: 10.31241/FNS.2024.21.020

Кучеровский Г. А., Чекулаев В. П., Кузнецов А. Б., Егорова Ю. С., Арестова Н. А., Зайцева Т. С., Адамская Е. В., Плоткина Ю. В. U–Pb возраст детритового циркона из матрикса раннедокембрийских полимиктовых конгломератов Центрально-Карельского домена Карельской провинции Фенноскандинавского щита // ДАН. 2023. Т. 509, № 2. С. 24–35.

Левченков О. А., Богданов Ю. Б., Матреничев В. А., Саватенков В. М., Яковлева С. З., Makeev A. Ф. Новые данные о возрасте вулканитов лопия Карелии // Общие вопросы расчленения докембрия: Мат-лы 3-го Всероссийского совещания. Апатиты, 2000. С. 143–145.

Слабунов А. И., Медведев П. В., Нестерова Н. С., Мудрук С. В., Максимов О. А., Кервинен А. В., Исаченко А. А. Отчет Российского научного фонда «Геодинамические обстановки ранней Земли и архейские полосчатые железистые кварциты» (итоговый) № 22-17-00026. Петрозаводск, 2024.

Тищенко А. С. Отчет о результатах поисковых работ в Гимольском рудном поле (Муезерский район Карельской АССР) за 1987–1988 гг. Ленинград, 1988.

Чернов В. М., Инина К. А., Горьковец В. Я., Раевская М. Б. Вулканогенные железисто-кремниевые формации Карелии (литология, геохимия, корреляция, палеотектоника). Петрозаводск: Карелия, 1970. 285 с.

References

Chernov V. M., Inina K. A., Gor'kovets V. Ya., Raevskaya M. B. Volcanogenic ferruginous-siliceous formations of Karelia (lithology, geochemistry, correlation, paleotectonics). Petrozavodsk: Karelia; 1970. 285 p. (In Russ.)

Egorova Yu. S., Chekulaev V. P., Kucherovsky G. A., Ivanova A. A., Salnikova E. B., Plotkina Yu. V., Arestova N. A. Neoproterozoic Ba–Sr metadacites from the Karelian Province of the Fennoscandian Shield: U–Pb geochronology, composition, Sm–Nd systematics.

Are they effusive analogues of sanukitoids? *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2025;33:279–298. doi: 10.1134/S08695938257000

Ivanov A. N., Bresler S. M., Mikheichev A. S. Report on the geological exploration at the Mezhozerskoe iron ore deposit (Petrovsky District of the Karelo-Finnish SSR) in 1951–1954. Petrozavodsk; 1954. (In Russ.)

Kucherovsky G. A., Egorova Yu. S., Adamskaya E. V., Chekulaev V. P., Arestova N. A., Plotkina Yu. V. U–Pb (SIMS, LA-ICP-MS) age of zircon from two-mica quartzite-gneiss of the Kadiozero formation of the 'Gimoly suite' of the Gimoly-Sukkozero structure (Karelian Province, Fennoscandian Shield). *Trudy Fersmanovskoi nauchnoi sessii GI KNTs RAN = Proceedings of the Fersman Scientific Session of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences*. 2024;21:165–175. (In Russ.). doi: 10.31241/FNS.2024.21.020

Kucherovsky G. A., Chekulaev V. P., Kuznetsov A. B., Egorova Yu. S., Arestova N. A., Zaitseva T. S., Adamskaya E. V., Plotkina Yu. V. U–Pb age of detrital zircon in the cement of early Precambrian polymictic conglomerates of Central Karelian domain, Karelian Province, Fennoscandian Shield. *Doklady Earth Sciences*. 2023;508(2):58–67. doi: 10.1134/S1028334X22602188

Levchenkov O. A., Bogdanov Yu. B., Matrenichev V. A., Savatenkov V. M., Yakovleva S. Z., Makeev A. F. New data on the age of the Lopian volcanics of Karelia. *Obshchie voprosy raschleneniya dokembriya: Materialy 3-go Vserossiiskogo soveshchaniya = General issues of the dissection of the Precambrian: Proceedings of the 3rd All-Russian conference*. Apatity; 2000. P. 143–145. (In Russ.)

Slabunov A. I., Medvedev P. V., Nesterova N. S., Mudruk S. V., Maksimov O. A., Kervinen A. V., Isachenko A. A. Report of the Russian Science Foundation “Early Earth’s geodynamics settings and Archean banded iron formation” (final) No. 22-17-00026. Petrozavodsk; 2024. (In Russ.)

Tishchenko A. S. Report on the results of exploration work in the Gimolskoye ore field (Muezersky District of the Karelian ASSR) in 1987–1988. Leningrad; 1988. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 04.08.2024; принята к публикации / accepted: 08.08.2024.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Нестерова Наталья Сергеевна

канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник

e-mail: nest345@gmail.com

Слабунов Александр Иванович

д-р геол.-мин. наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории геологии и геодинамики докембрия

e-mail: slabunov@krc.karelia.ru

CONTRIBUTORS:

Nesterova, Natalya

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher

Slabunov, Alexander

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Head of Laboratory, Chief Researcher