

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 552.514: 550.4 + 551.71

ПРИРОДА АМФИБОЛИТОВЫХ ОБЛОМКОВ В ГРАУВАККАХ ЭЛЬМУССКОЙ СТРУКТУРЫ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ВЕДЛОЗЕРСКО-СЕГОЗЕРСКИЙ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫЙ ПОЯС, КАРЕЛИЯ)

А. В. Дмитриева

*Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, Россия*

Изучен состав обломков амфиболитов из неоархейских полимиктовых граувакк Эльмусской структуры, расположенной в северной части Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Проведен сравнительный анализ обломков с породными комплексами, слагающими данную территорию. На основании полученных результатов предложен возможный источник сноса грубообломочного материала в неоархейский осадочный бассейн.

Ключевые слова: полимиктовые граувакки; обломки амфиболитов; Эльмусская структура; Ведлозерско-Сегозерский зеленокаменный пояс.

A. V. Dmitrieva. THE ORIGIN OF AMPHIBOLITE CLASTS IN GRAYWACKE FROM THE ELMUS STRUCTURE ACCORDING TO THE STUDY OF RARE AND RARE-EARTH ELEMENTS DISTRIBUTION (VEDLOZERO-SEGOZERO GREENSTONE BELT, KARELIA)

The composition of amphibolite clasts from Neoproterozoic polymictic greywackes of the Elmus structure, located in the northern part of the Vedlozero-Segozero greenstone belt, was studied. The clasts were compared against the rock complexes constituting this area. A possible source of coarse clastic material transport into the Neoproterozoic sedimentary basin is proposed, based on the results obtained.

Keywords: polymictic greywackes; amphibolite clasts; Elmus structure; Vedlozero-Segozero greenstone belt.

Введение

Приуроченность терригенных осадочных комплексов к мезоархейским зеленокаменным структурам позволяет рассматривать грубо-обломочный материал как источник информации об эродированных породных ассоциациях, а также выявлять не сохранившиеся до наших дней источники сноса. Изучение подобных осадочных образований способствует пониманию геологической эволюции ранней континентальной коры.

Неоархейские (~2,65–2,60 млрд лет) терригенные комплексы, относящиеся к пулл-апарт бассейнам типа Тимискаминг и приуроченные к трансформным разломам, были выделены в пределах Фенноскандинавского щита [Кожевников, 2000; Светов и др., 2005]. В Ведлозерско-Сегозерском зеленокаменном поясе (Карельский кратон) подобные породные ассоциации описаны в Койкарской, Эльмусской и Остерской структурах [Светов и др., 2005].

Молассоидный комплекс в северной части Койкарской структуры, представленный полимиктовыми конгломератами, залегает на коматиит-базальтовой (3,05–2,95 млрд лет) и андезит-дацит-риолитовой (2,9–2,85 млрд лет) ассоциациях, имеет аркозовый или граувакковый цемент и обломки гранитоидной, дацит-риолитовой, базальтовой и коматиит-толеитовой серий [Светов и др., 2005; Бакаева, 2018].

Молассоидная толща в Эльмусской структуре перекрывает средне-кислые вулканогенно-осадочные образования и представлена полимиктовыми конгломератами с прослоями субаркозовых и кварцевых аренигов. В обломках конгломератов встречаются силициты, плагиограниты, дациты, базальты, туфопесчаники, редко амфиболиты, гранодиориты и граниты. Цемент сложен мелкогалечным, гравийным и песчаным материалом [Светов и др., 2005].

Геологическое строение структуры и объект исследования

Эльмусская субмеридиональная структура сложена мезоархейскими вулканитами, сопоставляемыми с таковыми в Палаламбинской (восточнее) и Койкарской (южнее) структурах (2,9–2,86 млрд лет). Зеленокаменные толщи ограничены с запада гранитами и гнейсо-гранитами.

В низах стратиграфического разреза представлены метабазальты, коматииты и туфы (3,05–2,95 млрд лет). Коматииты развиты северо-западнее оз. Педроламп. Выше залегают кислые и средние вулканогенно-осадочные образования – полосчатые и агломератовые

туфы и вулканиты, филлитовидные осадки, песчаники (2,9–2,85 млрд лет), представленные различными сланцами с прослоями вкрапленных и массивных колчеданных руд. В верхней части разреза развиты метапесчаники, граувакки, полимиктовые конгломераты. Архейские толщи перекрываются палеопротерозойскими отложениями с угловым и стратиграфическим несогласием.

Архейские вулканиты Эльмусской структуры в северной части прорываются телами ультрабазитов (Столбовая гора) и габброидов (участок Гавшламная), в северо-восточной – Орехозерским диорит-гранодиоритовым плутоном (ранний ТТГ-комплекс) и сопутствующими ему дайками. В центральной части структуры расположен плагиогранит-порфиновый массив Талпус, возраст которого 2861 ± 11 млн лет [Иванов, Лохов, 2015]. Северо-восточнее оз. Пальеозеро находится Карташовский массив порфировидных гранитов, имеющий близкий возраст.

Кислый дайковый комплекс представлен плагио- и кварц-плагиопорфирами. Плагиопорфиры риодацитового состава развиты на участке Педроламп, они секут метабазальты и имеют субмеридиональное простирание. Дайки порфировых гранодиоритов прорывают вмещающие толщи южнее оз. Орехозеро и в районе оз. Пунозеро.

Неоархейский умереннощелочной магматизм проявлен в юго-западном борту структуры и представлен Эльмусским массивом санукитоидной серии, прорывающим амфиболовые сланцы по базальтам и гранито-гнейсы обрамления. Возраст массива определен U-Pb методом по циркону и составляет 2741 ± 7 млн лет [Bibikova et al., 2005]. Интрузив представляет собой изометричное дифференцированное тело размером 2×3 км, вытянутое в СВ направлении. Он сложен преимущественно породами II фазы – монцодиоритами и кварцевыми монцодиоритами. В северо-западном эндоконтакте сохраняются метапироксениты I фазы, подверженные интенсивной амфиболизации и эпидотизации, часто пронизанные полевошпатовыми прожилками.

Объектом исследования являются единичные крупные обломки амфиболитов, встречающиеся в полимиктовых граувакках, установленных автором на юго-восточном берегу оз. Пунозеро (рис. 1 и 2). Граувакки грубополосчатые с тонкослоистым цементом, погружаются на запад под углом 65–70°, состоят из лейкократовых обломков полевых шпатов размером 1–5 мм, реже достигающих 2–3 см, и меланократового хлорит-амфибол-биотитового цемента, размер обломочного материала

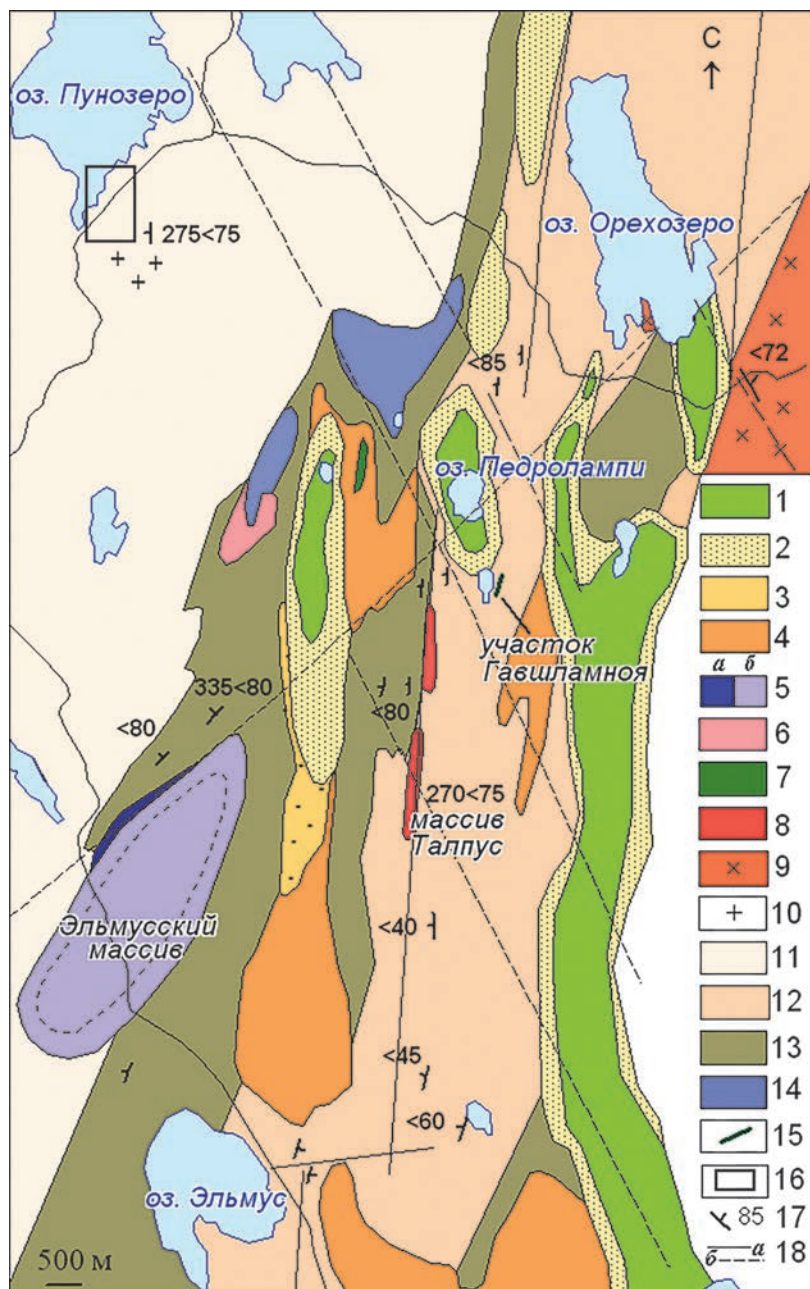


Рис. 1. Схема геологического строения Эльмусской структуры, по работам Л. В. Кулешевич и О. Б. Лаврова [2007], с дополнениями автора:

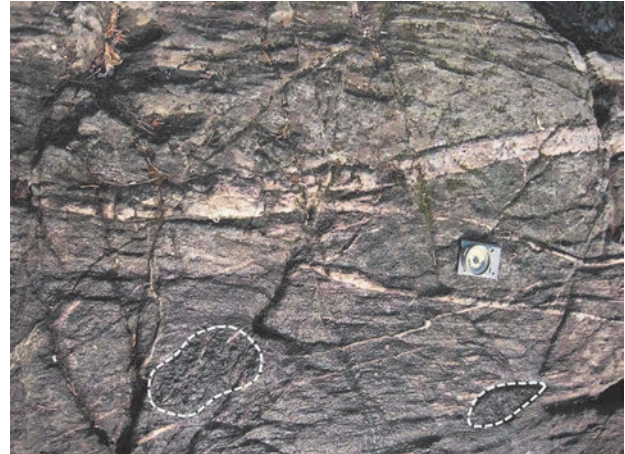
Палеопротерозойские комплексы: 1–2 – ятулий (1 – метабазалты, 2 – кварцевые конгломераты, кварциты), 3–4 – сумий-сариолий (3 – полимиктовые конгломераты, 4 – метаандезибазалты). Нео- и мезоархейские комплексы: 5 – Эльмусский умереннощелочной массив (а – метапироксениты, б – монцодиориты, кварцевые монцодиориты, ~2,74 млрд л.), 6 – граниты, 7 – габбро, 8 – Талпусский плагиогранит-порфировый массив (~2,86 млрд л.), 9 – гранодиориты Орехозерского массива, 10 – калишпатизация, 11 – гранито-гнейсы, 12 – сланцы по туфам и вулканитам андезитового и дацитового состава, углеродистые сланцы, метапесчаники и конгломераты (2,9–2,85 млрд л.); 13 – метабазалты и 14 – метакоматииты (3,05–2,95 млрд л.); 15 – дайки габбро на участке Гавшламной, 16 – участок работ, 17 – элементы залегания, 18 – тектонические зоны AR (а) и PR (б)

Fig. 1. Diagram of the geological composition of the Elmus structure, according to the works of L. V. Kuleshevich and O. B. Lavrov [2007] with the author's additions:

Paleoproterozoic complexes: 1–2 – Yatulian (1 – metabasalts, 2 – quartz conglomerates, quartzites), 3–4 – Sumian-Sariolian (3 – polymictic conglomerates, 4 – metaandesybasalts). Neo- and Mesoarchean complexes: 5 – moderately alkaline Elmus massif (a – metapyroxenites, b – monzodiorites, quartz monzodiorites, ~ 2.74 billion years), 6 – granites, 7 – gabbro, 8 – Talpus plagiogranite-porphyrific massif (~ 2.86 billion years), 9 – granodiorites of the Orekhosersky massif, 10 – K-feldsparization, 11 – granite gneisses, 12 – schists on tuffs and volcanics of andesitic and dacitic composition, carbonaceous schists, metasandstones and conglomerates (2.9–2.85 billion years); 13 – metabasalts and 14 – metacomatites (3.05–2.95 billion years); 15 – gabbro dykes in the Gavshlamnoya site, 16 – work site, 17 – occurrence elements, 18 – tectonic zones AR (a) and PR (b)



1. Полимиктовые граувакки
Polymictic greywackes



2. Обломки амфиболитов в граувакках
Amphibolite clasts in greywackes

Рис. 2. Полимиктовые граувакки Эльмусской структуры
Fig. 2. Polymictic greywackes of the Elmus structure

которого 1–2 мм, реже до 5–6 мм (рис. 2/1). В граувакках встречаются единичные крупные обломки амфиболитов (1–2 % от общего объема), достигающие в поперечнике 8×20 и 20×20 см (рис. 2/2). В осадочной толще отмечаются секущие полевошпатовые (пегматоидные) жилы мощностью до 10 см с азимутами простирания 10–35° (зигзагообразные), 110° и 350°, а также более поздние тонкие эпидотовые прожилки. Восточнее данного обнажения развиты гранитизированные аркозовые песчаники.

Методы исследования

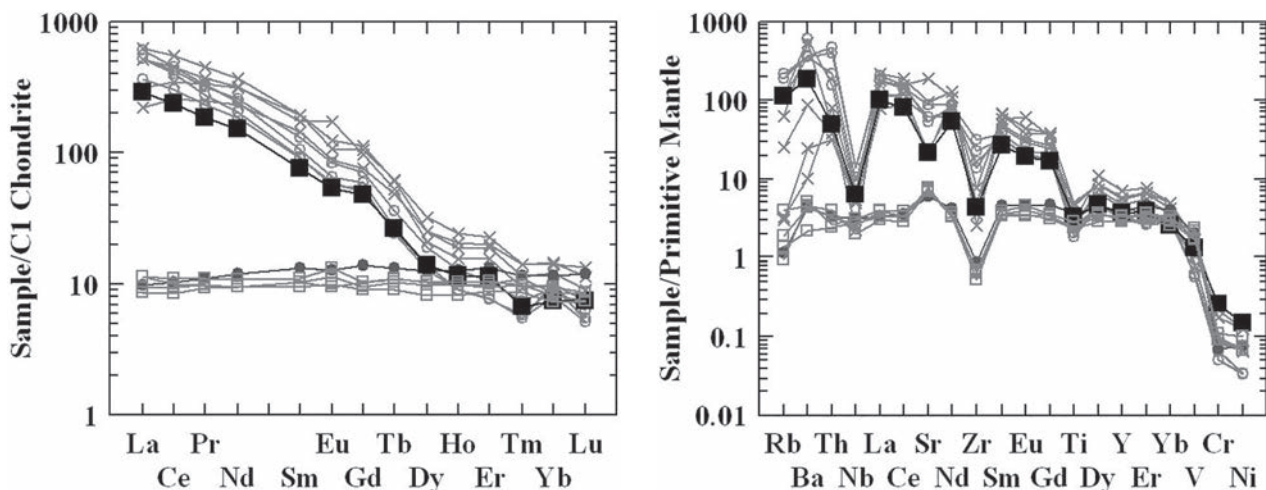
Из граувакк были отобраны обломки амфиболитов и определен их геохимический состав на квадрупольном масс-спектрометре X-SERIES 2 (Thermo Scientific, США) в Аналитическом центре Института геологии КарНЦ РАН (г. Петрозаводск). С целью установления возможного источника сноса обломков в неархейский осадочный бассейн проведен сравнительный анализ с аналогичными породными комплексами Эльмусской структуры.

Результаты

Состав амфиболитов из обломков сравнивался с базальтами и габбро участка Гавшланная, как возможными источниками грубообломочного материала, поступающего в неархейский осадочный бассейн. На геохимических диаграммах отчетливо видно, что амфиболиты из обломков имеют значительные отличия от базальтов и габбро (рис. 3). В целом для

амфиболитов характерно фракционированное распределение редких земель – $(La/Yb)_n = 39$, высокое содержание (в ppm) Cr (796), Ni (298) и V (164), а также обогащение несовместимыми элементами (в ppm) – Ba (1289), Sr (453) и LREE – La (69) и Ce (145) (табл.), что характерно для производных метасоматизированного мантийного источника. На спектре распределения редких элементов отмечается наличие отрицательных аномалий Nb, Ti, Sr и Zr (рис. 3). Подобными геохимическими характеристиками обладают породы санукитоидной серии, широко распространенные на территории Фенноскандинавского щита, в том числе в пределах Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса.

В Эльмусской структуре выделен один массив санукитоидов. Сравнительный анализ состава амфиболитов из обломков проводился с метапироксенитами ранней магматической фазы Эльмусского санукитоидного интрузива. На геохимических диаграммах видно, что обломки амфиболитов имеют весьма схожий спектр распределения редких и редкоземельных элементов с породами массива, в том числе с метапироксенитами. Некоторый разброс значений по таким элементам, как Rb, Ba и Sr, объясняется степенью измененности метапироксенитов, связанной с внедрением поздней кислой фазы, инициировавшей наложение Ba-содержащих полевых шпатов и барита. Минералами-концентраторами данных элементов, как правило, выступают микроклин, биотит, барит, целестобарит. Вариации количества этих минералов в породах непосредственно отражаются на концентрациях указанных элементов.



Условные обозначения: ■ – обломки амфиболитов, □ – базальты, ● – габбро; × – метапироксениты и ○ – монцодиориты, кварцевые монцодиориты Эльмусского массива

Legend: ■ – amphibolite clasts, □ – basalts, ● – gabbro; × – metapyroxenites and ○ – monzodiorites, quartz monzodiorites of the Elmus massif

Рис. 3. Геохимические особенности обломков амфиболитов из граувакк и базальтов, габбро участка Гавшламнойя, пород Эльмусского массива, нормированные на хондрит и примитивную мантию [по: Sun and McDonough, 1989]

Fig. 3. Geochemical features of amphibolite clasts from greywackes and basalts, gabbro of the Gavshlamnoya site, rocks of the Elmus massif, normalized to chondrite and primitive mantle [after: Sun and McDonough, 1989]

Выводы

Геологическое развитие Эльмусской структуры, как фрагмента Водлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, происходило при аккреционно-коллизийных процессах в условиях конвергентной транзитной зоны протоокеан-континент, согласно моделям В. Н. Кожевникова, С. А. Светова, А. И. Слабунова. Погружение океанической дуги с запада на восток под древнее континентальное основание – Водлозерский террейн – инициировало обогащение мантийного клина, послужившего в дальнейшем источником санукитоидных расплавов, внедрение которых маркирует завершающие стадии развития зеленокаменного пояса и смену тектонического режима на транспрессионно-транстензионный. На этом этапе происходило заложение седиментационных бассейнов и образование терригенных осадков, выделяемых в западном обрамлении Водлозерского террейна (Эльмусская, Койкарская, Остерская структуры). В Эльмусской структуре осадочные толщи встречаются в ее центральной (полимиктовые конгломераты в районе оз. Педроламп) и западной (метаморфизованные аркозовые песчаники и полимиктовые граувакки) частях.

В геологическом разрезе Эльмусской структуры развиты мезоархейские коматииты и базальты, средне-кислые вулканиты, гранитоиды, габбро и неоархейские умереннощелочные

комплексы (санукитоиды), которые могли быть источником обломочного материала для осадочных толщ позднеархейских седиментационных бассейнов.

Осадки в районе оз. Пунозеро представлены полимиктовыми граувакками. Они сложены преимущественно меланократовым мелкообломочным (1–2, реже до 5 мм) материалом основного состава, источником которого могли быть широко развитые в пределах структуры амфиболитовые базальты, коматииты и габбро, и в меньшей степени мелкими (1–5 мм, реже до 2–3 см) полевошпатовыми обломками (20–40 % от общего объема), являющимися продуктами разрушения гранитов и монцодиоритов. Встречающиеся в граувакковой толще единичные крупные обломки амфиболитов, как показало изучение их состава, обладают специфическими геохимическими характеристиками – одновременно обогащены совместимыми (Cr 796, Ni 298, V 164 ppm) и несовместимыми (Ba 1289, ΣREE 337 ppm) элементами, что указывает на метасоматизированный мантийный источник. В Эльмусской структуре породы, являющиеся продуктом таких магм, выделены в одноименном умереннощелочном массиве санукитоидной серии. Сравнительный анализ состава обломков амфиболитов и дифференциатов Эльмусского массива показал, что они имеют весьма схожие геохимические характеристики. Это позволяет предполагать, что источником круп-

Геохимия амфиболитовых обломков и пород Эльмусского массива

Geochemistry of the amphibolite clasts and rocks of the Elmus massif

Образец Sample	412	Средний состав пород Эльмусского массива Average composition of the Elmus massif rocks		
Порода Rock	обломки амфиболитов из граувакк amphibolite clasts from greywackes	метапироксенит metapyroxenites	монцодиорит monzodiorites	кварцевый монцодиорит quartz monzodiorites
n	1	5	2	2
Rb (ppm)	71,8	15,1	71,5	132,1
Sr	452,9	1750	1559	1195
Y	16,6	26,5	16,9	14,5
Zr	49,3	52,3	171,9	304,0
Nb	4,48	3,43	5,79	9,75
Pb	9,9	12,95	42,4	70,6
Th	4,2	4,2	15,5	37,5
U	1,3	0,95	2,86	5,57
Ba	1289	1163	3397	2517
Cr	796	430	198	152
Ni	298	190	69	68
Co	46	41	20	15
Cu	14,7	33,9	41,8	38,1
V	164	167	96	73
Ta	0,24	0,15	0,51	0,76
La	68,9	131,18	104,80	135,0
Ce	145,4	316,16	222,84	260,38
Pr	17,54	42,04	26,35	28,70
Nd	71,85	174,02	103,22	104,66
Sm	11,80	30,63	16,95	15,16
Eu	3,15	6,91	4,18	3,54
Gd	9,83	23,89	12,43	11,56
Tb	0,99	2,41	1,15	0,97
Dy	3,49	7,53	4,19	3,37
Ho	0,66	1,23	0,63	0,52
Er	1,86	3,29	1,52	1,28
Tm	0,17	0,34	0,17	0,15
Yb	1,26	2,31	1,47	1,67
Lu	0,19	0,29	0,15	0,14
ΣREE	337	742	500	567

ных обломков амфиболитов в граувакковой толще могут являться пироксениты ранней фазы неоархейского (~2,74 млрд л.) Эльмусского массива или подобные массивы, ранее существовавшие на данной территории и не сохранившиеся до настоящего времени.

Работа выполнена в рамках госзадания ИГ КарНЦ РАН (№ гос. рег. АААА-А18-118020290085-4).

Литература

Бакаева А. В. Матрикс полимиктовых конгломератов неоархейского молассоидного бассейна Кой-

карского домена: геохимическая характеристика, источники материала // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 2. С. 111–121. doi: 10.17076/geo766

Иванов Д. В., Лохов К. И. Первые данные о U-Pb возрасте цирконов из гранитоидного массива Талпус (Эльмусская площадь. Центральная Карелия): Тезисы докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов пам. акад. А. П. Карпинского (Санкт-Петербург, 16–20 февр. 2015). СПб., 2015. С. 431–435.

Кожевников В. Н. Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 223 с.

Светов С. А., Светова А. И., Назарова Т. Н., Антропова Е. А. Неоархейские пулл-апарт бассейны Центрально-Карельского террейна: породные последовательности и литогеохимическая характери-

стика // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2005. № 8. С. 5–17.

Bibikova E. V., Petrova A., Claesson S. The temporal evolution of the sanukitoids in the Karelian Craton, Baltic Shield: an ion microprobe U-Th-Pb isotopic study of zir-

cons // *Lithos*. 2005. Vol. 79. P. 129–145. doi: 10.1016/j.lithos.2004.05.005

Поступила в редакцию 25.10.2018

References

Bakaeva A. V. Matriks polimiktovykh konglomeratov neoarkheiskogo molassoidnogo basseina Koikarskogo domena: geokhimicheskaya kharakteristika, istochniki materiala [Matrix-supported polymictic conglomerates of the Neoarchean molassoid basin of the Koikary domain: geochemical characteristics, sources of material]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2018. No. 2. P. 111–121. doi: 10.17076/geo766

Ivanov D. V., Lokhov K. I. Pervye dannye o U-Pb vozraste tsirkonov iz granitoidnogo massiva Talpus (El'musskaya ploshchad'. Tsentral'naya Kareliya) [The first data on the U-Pb age of zircons from the Talpus granite massif, Elmus area, Central Karelia]. *IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molod. uchenykh i spetsialistov pam. akad. A. P. Karpinskogo: Tezisy dokl. mezhdunar. konf.* (Sankt-Peterburg, 16–20 fevr. 2015 g.) [Proceed. Academician A. P. Karpinsky 4th int. sci.-pract. conf. of young scientists and specialists (St. Petersburg, Febr. 16–20, 2015)]. St. Petersburg, 2015. P. 431–435.

Kozhevnikov V. N. Arkheiskie zelenokamennye poyasa Karel'skogo kratona kak akkretsiionnye orogeny [The Archean greenstone belts of the Karelian craton as accretionary orogens]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2000. 223 p.

Svetov S. A., Svetova A. I., Nazarova T. N., Antropova E. A. Neoarkheiskie pull-apart basseiny Tsentral'no-Karel'skogo terreina: porodnye posledovatel'nosti i litogeokhimicheskaya kharakteristika [The Neoarchean pull-apart basins of the Central Karelian terrain: rock sequences and litho-geochemical characteristics]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and useful minerals of Karelia]. 2005. No. 8. P. 5–17.

Bibikova E. V., Petrova A., Claesson S. The temporal evolution of the sanukitoids in the Karelian Craton, Baltic Shield: an ion microprobe U-Th-Pb isotopic study of zircons. *Lithos*. 2005. Vol. 79. P. 129–145. doi: 10.1016/j.lithos.2004.05.005

Received October 25, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Дмитриева Антонина Васильевна

научный сотрудник, к. г.-м. н.
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: dmitrieva-v@yandex.ru
тел.: +79214691583

CONTRIBUTOR:

Dmitrieva, Antonina

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: dmitrieva-v@yandex.ru
tel.: +79214691583