

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 552.141:552.142:552.143

ОКАТАННОСТЬ ГАЛЕК НЕОАРХЕЙСКИХ ПОЛИМИКТОВЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ: РАСЧЕТ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ (НА ПРИМЕРЕ КОЙКАРСКОЙ СТРУКТУРЫ, ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАРЕЛИЯ)

А. В. Бакаева, Т. Н. Назарова, С. А. Светов

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

Апробирована методика расчета окатанности кластического материала на примере конгломератов неоархейской молассоидной толщи Койкарской структуры (Центральная Карелия), основанная на использовании фотоснимков обнажений, программы CorelDraw и плагина PlotCalc. По результатам работ установлено, что в молассоидной толще окатанность обломков зависит от их состава и варьирует по разрезу. Для обломков коматиит-базальтового и андезитового состава установлена минимальная степень окатанности, а для плагиопорфировых гранитов максимальная. Предложен латеральный ряд потенциальных источников кластического материала. Показана эффективность математического расчета значений окатанности, благодаря чему может быть получена информация об удаленности источников обломочного материала, необходимая для проведения литологических и геодинамических исследований.

Ключевые слова: полимиктовые конгломераты; окатанность; транспортировка; источники материала; неоархей; Центральная Карелия.

**A. V. Bakaeva, T. N. Nazarova, S. A. Svetov. ROUNDNESS OF
NEOARCHEAN POLYMICTIC CONGLOMERATE CLASTS: CALCULATION
AND INTERPRETATION (A CASE STUDY FROM THE KOIKARY AREA,
CENTRAL KARELIA)**

The method of roundness calculation based on the use of outcrop photos, the CorelDraw software and the PlotCalc plug-in was tested for the case of conglomerates from the Neoproterozoic molassoid complex of the Koikary area (Central Karelia). According to the results, the roundness of the debris depends on their composition and varies across the section of the molassoid complex. For the clasts of komatiite-basalt and andesitic composition the degree of roundness is the lowest, whereas for plagioporphry granites it is the highest. A lateral series of the potential sources of the clastic material is proposed. The mathematical calculation of roundness values is shown to be efficient,

so that information can be obtained on the remoteness of the sources of clastic material needed for lithological and geodynamic studies.

Key words: polymictic conglomerates; roundness; transport; sources of material; Neoproterozoic; Central Karelia.

Введение

Изучение кластического материала терригенных пород является надежным инструментом реконструкции состава питающей провинции, ее палеогеографических и тектонических условий образования, а в ряде случаев представляет собой единственный источник информации о полностью эродированных магматических системах.

На территории Карельского кратона (Центральная Карелия) ранее были описаны неогархейские молассоидные комплексы, представленные полимиктовыми конгломератами, интерпретируемые как образования поздних (2,7–2,6 млрд лет) пулл-апарт бассейнов [Светов и др., 2005]. Слабая сортировка и неокатанный тип обломков комплекса указывают на локальный источник кластического материала, что согласуется с предполагаемым тектоническим режимом его заложения.

В данном исследовании на примере комплекса полимиктовых конгломератов Койкарской структуры впервые тестируется математический подход к оценке степени окатанности галек на основе методики, разработанной для зерен кварца песчаной размерности [Ухов, 2013]. При этом в работе основной акцент сделан на изучении взаимосвязи окатанности с режимами и дальностью транспортировки кластического материала в ходе формирования неогархейского бассейна седиментации.

Важно подчеркнуть, что изучение окатанности обломочного материала (степени сглаженности первоначальных ребер обломков горных пород вследствие их истирания при транспортировке [Кузнецов, 2007]) традиционно выполняется исследователями «визуальным» способом на основе сравнения формы обломков с эталонными таблицами. При этом изучение сцементированных разновидностей грубообломочных пород представляет значительные трудности. В случае слабой цементации некоторый объем породы разрушают и выбирают обломки, сортируя их по размеру и петрографическим типам, визуально оценивая степень окатанности. В случае сцементированных разновидностей данная методика неприемлема, поэтому окатанность кластики изучается в плоских скальных выходах в 2D-проекции [Логвиненко, 1986].

Вместе с тем существует ряд математических методик для характеристики кластического материала конгломератов, включающих расчеты степеней округленности, уплощенности, изометричности, угловатости, зубчатости, коэффициентов сферичности и др. [Маслов, 2005 и ссылки в ней], чаще всего не используемых геологами из-за сложности первичных замеров.

Объект исследования

Неогархейский молассоидный комплекс Койкарской структуры (центральная часть Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, Центральная Карелия) представлен базальными конглобрекциями и полимиктовыми конгломератами, сформированными в районе оз. Питкилампи, и имеет площадь до 8 км² [Светов, 2005; Бакаева, 2018б]. Терригенная толща залегает на вулканитах коматиит-базальтового и средне-кислого состава и имеет реконструируемую мощность от 80 до 230 м.

Обломочный материал конгломератов представлен (по классификации [Логвиненко, 1986]) преимущественно гальками и валунами (мелкими и крупными, до 15 см) основных и ультраосновных пород (коматиитов, базальтов, габбро) и более крупными валунами (до 25–40 см, в редких случаях до 1 м) средне-кислых пород (дацитов, риодацитов, риолитов, гранитов, плагиогранитов). По петрографическим и геохимическим особенностям обломочный материал молассоидной толщи ранее авторами разделялся на несколько серий. Согласно подробному описанию, приведенному в [Бакаева, 2018а], среди обломков основного и ультраосновного состава выделены *коматиит-толеитовая* (базальтовые коматииты, вариолиты) и *базальтовая* (базальты, туфы базальтов, габбро) серии, представленные мелкими валунами и гальками размером до (7–15) × (2–7) см, преимущественно угловатыми и субугловатыми. Обломки среднего и кислого состава разделены на *дацит-риолитовую* (андезитовые вариолиты, риодациты, дациты, трахидациты, риолиты) и *гранитоидную* (плагиограниты, субщелочные граниты, граниты, диориты, кварцевые диориты) серии. Дациит-риолитовые обломки представлены как массивными, так и расслан-

цованными гальками (от 1–2 до 8–10 см) и валунами размером до 25 × (7–12) см. В рассланцованных конгломератах гальки вытянуты и уплощены. Обломочный материал гранитного состава варьирует по размеру от галечного до крупновалунного (до 1 × 0,5 м). Все обломки субокатанные, лишь в рассланцованных зонах толщи – вытянутые, уплощенные, линзовидные (данные обломки в работе не анализировались ввиду их поздней тектонической деформации).

Методика исследования

Детальное изучение кластического и цементирующего материала неогарейских конгломератов Койкарской структуры комплексом петрографических и геохимических методов проводилось ранее и отражено в [Бакаева, 2018а, б].

В рамках данной работы авторами было выполнено изучение и фотодокументация нескольких представительных обнажений по разрезу (от базальной до верхней части разреза) молассоидного комплекса. Анализ кластического материала проводился по фотоснимкам высокого разрешения в лицензионной программе CorelDraw с установленным плагином PlotCalc. Важно отметить, что для получения максимально корректного результата авторами анализировались гальки всех составов (от ультраосновных до кислых) размером более 2 см, тогда как гальки меньшего размера принимались за составную часть цементирующей массы (граувакковый материал).

Для оценки степени окатанности обломков была применена методика, основанная на изучении степени окатанности кварцевых зерен песчаников [Ухов, 2013]. Согласно данной методике зерна кварца при транспортировке или переотложении стремятся к приобретению равновесной и устойчивой эллипсоидальной формы, наибольшая близость к которой является самой совершенной степенью окатанности, определяемой автором как 5 класс окатанности. В данном исследовании авторы применяют методику с учетом некоторых дополнений: всего выделяются шесть классов окатанности, из которых 1 и 2 классы объединены ввиду редкости существования, их значения составляют 0–4,6 %, тогда как для 3 класса – 4,6–9,9 %, 4 класса – 9,9–21,4 %, 5 класса – 21,4–45,9 %, 6 класса – 45,9–100 %.

Полевые наблюдения позволяют считать, что данная тенденция справедлива не только для отдельных зерен, но и для обломков пород в целом. В связи с вышесказанным авторами данного исследования предпринята попытка

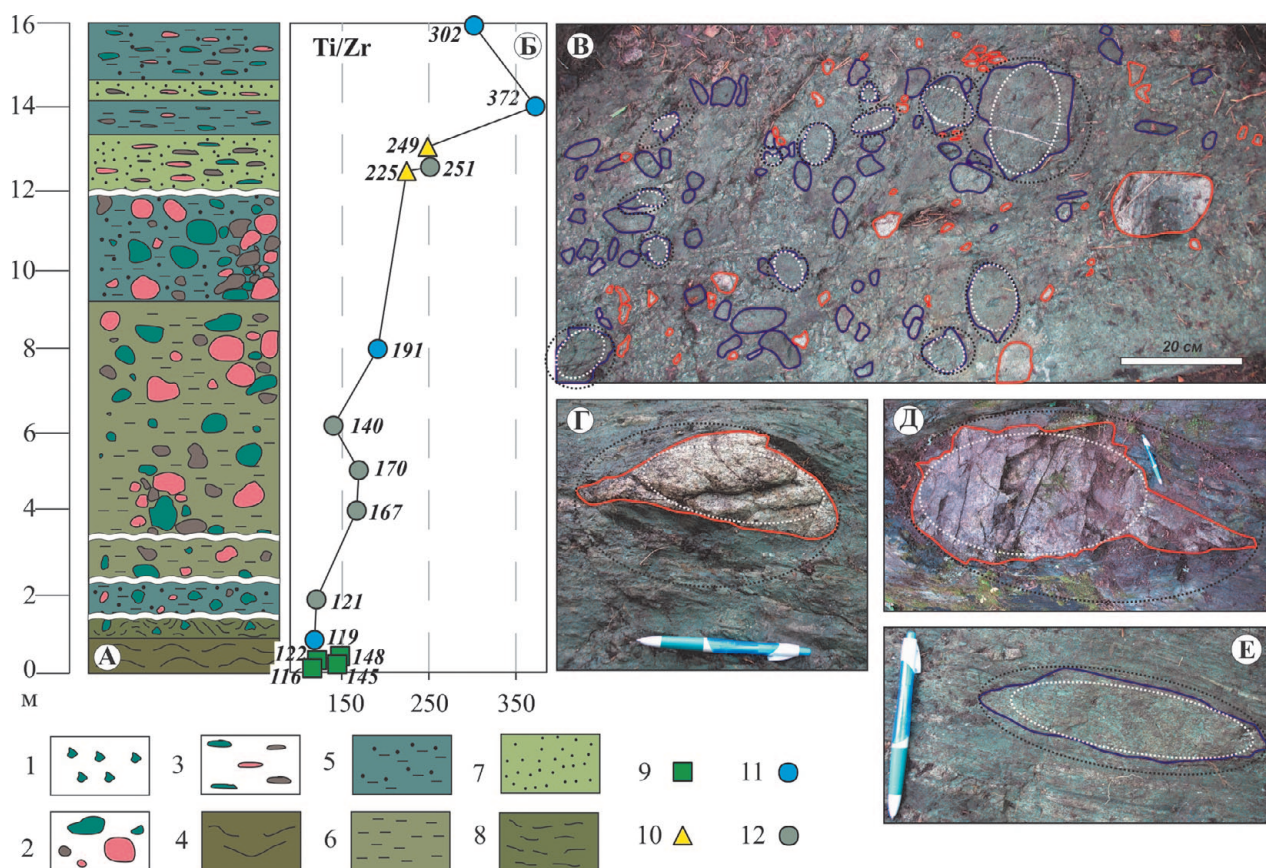
применить описанную методику к галечному материалу полимиктовых конгломератов Койкарского домена. Для этого на снимках высокого разрешения поверхностей обнажений конгломератов в программе CorelDraw было выполнено оконтуривание обломков разного состава (рис.). Расчет степени и класса окатанности включал несколько итераций и проводился в плагине PlotCalc по следующей схеме: 1) вычисление площади обломка ($S_{\text{обломка}}$); 2) вычисление площади вписанного эллипса, занимающего максимально возможную площадь внутри исследуемого обломка ($S_{\text{впис. элл.}}$); 3) вычисление площади описанного эллипса, занимающего минимально возможную площадь вокруг исследуемого обломка ($S_{\text{опис. элл.}}$). Окатанность (O) определялась по формуле: $O = (S_{\text{впис. элл.}}^2 / (S_{\text{опис. элл.}} \times S_{\text{обломка}})) \times 100 \%$ [Ухов, 2013], схематическое отображение результатов представлено на рисунке (в, г) и в таблице 1.

Дополнительно рассчитывалась доля обломков основного-ультраосновного и среднекислого составов по разрезу молассоидной толщи (на участке оз. Питкилампи) (рис., а).

Результаты и обсуждение

Согласно проведенным подсчетам установлено, что в основании осадочного бассейна обломки мафитового состава размером более 2–5 см составляют $\approx 13,7 \%$, а обломки среднекислого состава $\approx 3,5 \%$ от объема обломочной компоненты, что подтверждается полевыми наблюдениями. К верхним частям разреза (15 м и выше от базальной части) соотношение существенно меняется и преобладают обломки среднего и кислого состава (15,2 % галек к 3,5 % мафитового материала).

В качестве контролирующего фактора «окатанности» для характеристики дальности переноса обломков в случае терригенных пород (чаще всего средне- и мелкозернистых) может выступать «химический маркер», а именно – отношение титана к цирконию (Ti/Zr). Величина данного отношения позволяет оценить дальность транспортировки терригенного материала в связи с тем, что лучшей сохранностью при сносе обладает циркон по сравнению с Ti-содержащими минералами [Интерпретация..., 2001]. Так как объектом исследования являются грубообломочные породы – полимиктовые конгломераты, данный модуль не может быть применен к кластическому материалу ввиду его крупности, но данное отношение можно оценить по цементирующей массе, представленной грауваккой. Ранними исследованиями было установлено, что состав матрикса кон-



Строение базальной части молассоидного комплекса Койкарской структуры (Центральная Карелия) (А), распределение Ti/Zr-модуля в матрице по разрезу (Б), морфология полимиктовых конгломератов с примерами трассировки обломков и оценки степени их окатанности (В–Е).

Условные обозначения к колонке (А) и графику Ti/Zr (Б): характеристика галек (1–3): 1 – мелкогалечная конглобрекция, 2 – валунно-галечный полимиктовый конгломерат, 3 – полимиктовые конгломераты «лахароподобного» типа; характеристика цемента (4–8): 4 – кора выветривания, 5 (11) – литовая граувакка, 6 (12) – вулканомиктовая мафитовая граувакка, 7 (10) – граувакковый песчаник, 8 (9) – цемент из перебитой коры выветривания.

Условные обозначения к фотографиям: В – контуры галек основного, ультраосновного, среднего и кислого составов, очерченные для оценки степени окатанности и расчета их процентного содержания на площади; Г – обломок дацит-риолитовой серии с окатанностью 19,4 % (класс 4); Д – обломок гранита с окатанностью 29,1 % (класс 5); Е – обломок базальтового коматиита с окатанностью 43,1 % (класс 6)

The structure of the basal part of the molassoid complex of the Koikary area (Central Karelia) (A), Ti/Zr ratios in the matrix (B), the morphology of polymictic conglomerates with examples of tracing clasts and assessing the degree of their roundness (B–E).

Legend (A, B): characteristics of the pebbles (1–3): 1 – small conglobreccia, 2 – boulder-pebble polymictic conglomerate, 3 – polymictic conglomerates of «lahar» type; characteristics of cement (4–8): 4 – weathering crust, 5 (11) – lithic graywacke, 6 (12) – volcanomictic mafic graywacke, 7 (10) – graywacke sandstone, 8 (9) – cement from the resedimented paleosol.

Legend for the photographs: B – the contours of the pebbles of the mafic, ultramafic, intermediate and felsic compositions outlined for assessing the degree of roundness and calculating their percentage in the area; Г – a clast of the dacite-rhyolite series with a roundness of 19.4 % (class 4); Д – a clast of granite with a roundness of 29.1 % (class 5); Е – a clast of basalt-komatiite with a roundness of 43.1 % (class 6)

гломератов неоднороден по разрезу и зависит как от типа подстилающих пород, так и от магматических комплексов, находящихся в области эрозии. Цемент конгломератов в основании осадочной толщи (первые 40–50 см) представлен преимущественно продуктами разрушения коры выветривания коматиитов, выше по разрезу – неоднородно чередующимися слоями вулканомиктовой мафитовой граувакки, литовой граувакки и грауваккового песчаника,

в результате изучения которых установлены потенциальные источники цемента конгломератов, а именно: коматииты, туфы коматиитов и дацит-риолитовые комплексы, продукты разрушения которых существенно повлияли на состав матрикса и, как установлено позже, обломочного материала.

Таким образом, в данном исследовании Ti/Zr-отношение приводится по цементу конгломератов [Бакаева, 2018б].

Таблица 1. Степень окатанности обломочного материала, рассчитанная по фотоснимкам обнажений молассоидного комплекса Койкарской структуры (см. рис.), по методике [Ухов, 2013]

Table 1. The degree of roundness of clastic material, calculated from the outcrop photos of the molassoid complex of the Koikary area (see fig. 1, в) according to the method [Ukhov, 2013]

Обломки Clasts	$S_{\text{эпис. элл.}}^2$ $S_{\text{ell. insc.}}^2$ (M^2)	$S_{\text{эпис. элл.}}^2$ $S_{\text{ell. desc.}}^2$ (M^2)	$S_{\text{обломка}}$ S_{clast} (M^2)	O (%)	Ω
Основного и ультраосновного состава Mafic and ultramafic composition	$11,2 \times 10^{-8} - 24,1 \times 10^{-3}$	$9,7 \times 10^{-4} - 38,1 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-4} - 22 \times 10^{-2}$	9,5–40,1	3–5
Среднего и кислого состава Intermediate and felsic composition	$3,1 \times 10^{-8} - 7,4 \times 10^{-7}$	$4,1 \times 10^{-4} - 1,6 \times 10^{-3}$	$22,9 \times 10^{-5} - 11 \times 10^{-4}$	19,4–63,7	4–6

Примечание. O – окатанность, Ω – класс окатанности [Ухов, 2013]. Ti/Zr – по: [Бакаева, 20186].

Note. O is roundness, Ω – roundness class [Ukhov, 2013]. Ti/Zr – after [Bakaeva, 20186].

Значение Ti/Zr-отношения в матриксе конгломератов (рис., б) варьирует от 116,1 до 372,5 [Бакаева, 20186]. Полученные результаты имеют близкие значения к данным Ti/Zr-модуля в предполагаемых материнских породах (преимущественно коматиитах и базальтах) Койкарского домена в районе оз. Питкилампи [Бакаева, 20186], что свидетельствует об их существенном влиянии на состав цемента и локальном сносе продуктов их разрушения (возможно, первые километры), послуживших «строительным материалом» молассоидной толщи. Столь высокие значения отношения титана к цирконию и отсутствие значимых изменений в цементе и кластах (процессов разрушения и переработки исходных минеральных парагенезов) согласуются с выводом об отсутствии длительной транспортировки обломочного материала и компонентов матрикса конгломератов.

В результате проведенных исследований метод, ранее применяемый для оценки окатанности кварцевых зерен песков (с использованием плагина PlotCalc), был опробован для оценки окатанности кластического материала полимиктовых конгломератов архейского молассоидного комплекса Койкарской структуры Центральной Карелии.

Установлено, что в молассоидной толще окатанность обломков не только варьирует по разрезу, но и зависит от типа обломочного материала (табл. 2). Степень окатанности мафитовых обломков, которая составляет 9,5–40,1 % и относится к 3–5 классам, отвечает незначительному, локальному переносу (первые километры) материала. Для обломков среднего и кислого состава разброс значений окатанности более существенный (от 19,4 до 63,7 %) и соответствует 4–6 классам окатанности. Максимальные значения

Таблица 2. Окатанность, класс окатанности обломочного материала полимиктовых конгломератов молассоидного комплекса Койкарской структуры (на примере коллекции образцов, отобранных в ходе полевых работ)

Table 2. Roundness, class of roundness for the clastic material of polymictic conglomerates of the molassoid complex from the Koikary area (from the example of the sample collection taken during field work)

Пробы (обломки) Samples (clasts)	Серии* Series*	Порода Rock	O (окатанность), % (roundness)	Ω (класс окатанности) (roundness class)
21–3	Коматиит-толеитовая Komatiite- tholeiite	Базальтовый коматиит Basalt-komatiite	9,5–35,4 35,1 _{сред}	5
18-3b		Базальтовый коматиит Basalt-komatiite		
к-3-2		Базальтовый коматиит Basalt-komatiite		
к-3-5		Базальтовый коматиит Basalt-komatiite		
к-4-2	Базальтовая Basaltic	Туф базальта Tuff of basalt	20,1–40,1 30,6 _{сред}	5
к-2-3		Базальт Basalt		

Таблица 2 (окончание)

Table 2 (continued)

Пробы (обломки) Samples (clasts)	Серии* Series*	Порода Rock	О (окатанность), % (roundness)	Ω (класс окатанности) (roundness class)
к-2	Дацит-риолитовая Dacite-rhyolite	Андезит (вариолитовый) Andesite	19,4–50,9 36,9 _{сред}	4–6
18-2b		Дацит Dacite		
18-2e		Дацит Dacite		
21–2		Риолит Rhyolite		
20-1b		Дацит Dacite		
18-5с		Дацит (с/щ) Dacite (s/a)		
18-2с		Дацит (с/щ) Dacite (s/a)		
к-2-2		Дацит Dacite		
18-2d		Дацит Dacite		
20-1a		Дацит Dacite		
18-2a		Гранитоидная Granitoid		
21-1a	Гранит Granite			
18-5b	Гранит (с/щ) Granite (s/a)			
к-4-1	Крупнозернистый гранит, валун Coarse-grained granite, boulder			
к-6-1	Гранитный валун Boulder of granite			
148–1	Плагипорфировый гранит Plagioporphyratic granite			
к-3-1	Мелкозернистый гранит, валун (с/щ) Fine-grained granite, boulder (s/a)			

Примечание. *Серии выделены по данным: [Бакаева, 2018а]; с/щ – субщелочная серия (значения $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ в обломках 9,64–10,23 мас. %).

Note. *The series are given after [Bakaeva, 2018a]; (s/a) – subalkaline series ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ values in clasts are 9.64–10.23 wt. %).

окатанности получены для плагипорфировых гранитов (63,7 %), а минимальные – для дацитов и риолитов (от 19,4 до 50,9 %). Используя данную методику наряду с Ti/Zr-модулем, рассчитанным для цемента конгломератов, можно предположить латеральный ряд потенциальных источников, среди которых максимально приближенными будут магматические комплексы мафитового и дацит-риолитового составов (наблюдаемые в настоящее время в районе оз. Питкилампи), а максимально удаленными – гранитного состава. Данный вывод согласуется с ранее проведенными

исследованиями, в результате которых установлено геохимическое сродство обломочного материала и матрикса конгломератов с подстилающими осадочный бассейн коматиит-базальтовыми комплексами и дацит-риолитовыми ассоциациями района оз. Питкилампи.

Методика оценки степени окатанности кварцевых зерен, апробированная в данной работе, показала эффективность применения данного метода и для грубообломочных пород. Ее преимуществами являются очевидная простота анализа и экспрессный расчет значений ока-

танности, благодаря которым уже на инициальных стадиях исследований может быть получена информация о латеральной последовательности вероятных источников обломочного материала осадочной толщи, необходимая для проведения как литологических, так и геодинамических исследований.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт геологии КарНЦ РАН).

Авторы благодарят И. С. Ухова за консультации по применению представленной методики, А. И. Слабунова и С. Ю. Чаженгину за детальное и во многом критическое обсуждение полученных результатов.

Литература

Бакаева А. В. Грубообломочный материал неогархейского молассоидного комплекса Центральной Карелии: петрографическая и геохимическая характеристика // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018а. С. 16–20.

References

Bakaeva A. V. Grubooblomochnyi material neoarkeiskogo molassoidnogo kompleksa Tsentral'noi Karelii: petrograficheskaya i geokhimicheskaya kharakteristika [Rudaceous material of the Neoproterozoic molassoid complex in Central Karelia: petrographical and geochemical characteristics]. *Aktual'nye probl. geol., geofiziki i geoekol.* [Topical iss. of geol., geophys., and geoecol.]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2018a. P. 16–20.

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

Interpretatsiya geokhimicheskikh dannykh [Geochemical data interpretation]. Moscow: Internet Inzhiniring, 2001. Vol. I. 288 p.

Kuznetsov V. G. Litologiya. Osadochnye gornye porody i ikh izuchenie: Ucheb. posobie dlya vuzov [Lithology. Sedimentary rocks and their study: a university textbook]. Moscow: Nedra-Biznestsentr, 2007. 511 p.

Бакаева А. В. Матрикс полимиктовых конгломератов неогархейского молассоидного бассейна Койкарского домена: геохимическая характеристика, источники материала // Труды КарНЦ РАН. 2018б. № 2. С. 111–121. doi: 10.17076/geo766

Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е. В. Склярова. М.: Интернет Инжиниринг, 2001. Т. I. 288 с.

Кузнецов В. Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение: Учеб. пособие для вузов. М.: Недра-Бизнесцентр, 2007. 511 с.

Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И. Методы определения осадочных пород: Учеб. пособие для вузов. Л.: Недра, 1986. 240 с.

Маслов А. В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.

Светов С. А., Светова А. И., Назарова Т. Н., Антропова Е. А. Неогархейские пулл-апарт бассейны Центрально-Карельского террейна: породные последовательности и литогеохимическая характеристика // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 5–17.

Ухов И. С. Новая методика определения окатанности песчаных кварцевых зерен // Ярославский педагогический вестник. 2013. Т. III (Естественные науки), № 4. С. 284–289.

Поступила в редакцию 26.12.2018

Logvinenko N. V., Sergeeva E. I. Metody opredeleniya osadochnykh porod [Methods for determining sedimentary rocks]. Leningrad: Nedra, 1986. 240 p.

Maslov A. V. Osadochnye porody: metody izucheniya i interpretatsii poluchennykh dannykh [Sedimentary rocks: methods for studying and interpreting the obtained data]. Ekaterinburg: Izd-vo UGGU, 2005. 289 p.

Svetov S. A., Svetova A. I., Nazarova T. N., Antropova E. A. Neoarkeiskie pull-apart basseiny Tsentral'no-Karel'skogo terreina: porodnye posledovatel'nosti i litogeochemicheskaya kharakteristika [The Neoproterozoic pull-apart basins of the Central Karelian terrain: rock sequences and lithogeochemical characteristics]. *Geol. i polez. iskopaemye Karelii* [Geol. Mineral Res. Karelia]. Iss. 8. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. P. 5–17.

Ukhov I. S. Novaya metodika opredeleniya okatanosti peschanykh kvartsevykh zeren [A new technique to define roundness of sandy quartz grains]. *Yaroslavskii ped. vestnik* [Yaroslavl Pedagogical Bull.]. 2013. Vol. III, no. 4. P. 284–289.

Received December 26, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бакаева Александра Владимировна

аспирант
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: sasje-ku@yandex.ru

Назарова Татьяна Николаевна

научный сотрудник
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: nazarova@krc.karelia.ru

Светов Сергей Анатольевич

директор, д. г.-м. н.
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: ssvetov@krc.karelia.ru

CONTRIBUTORS:

Bakaeva, Alexandra

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sasje-ku@yandex.ru

Nazarova, Tatyana

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nazarova@krc.karelia.ru

Svetov, Sergey

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ssvetov@krc.karelia.ru