

О возможной корреляции супракрустальных комплексов Малых и Больших Кейв, Кольский регион

Козлов Н.Е. , Сорохтин Н.О., Мудрук С.В.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, n.kozlov@ksc.ru

Аннотация. Рассмотрен вопрос о корреляции снежноборской (малокейвской) свиты Малых Кейв с породными комплексами Больших Кейв. Установлено, что при сходстве практически со всеми сравниваемыми свитами Больших Кейв, супракурустальные породы снежноборской свиты существенно всего отличаются от образований верхов червуртской свиты и низов песцовотундровской свиты и более сходны по составу с породами нижневичурхской подсвиты, а еще в большей степени – с породами низов червуртской свиты. Приведенные материалы не позволяют с достаточной достоверностью проводить корреляцию снежноборской свиты Малых Кейв с подсвитами Больших Кейв. Скорее можно предположить, что Малые Кейвы являлись самостоятельной структурой, развивавшейся автономно и не связанной с более сложной историей развития комплексов Больших Кейв. Предложенную методику сравнения состава супракомплексов авторы рекомендуют в качестве самостоятельного инструмента литолого-стратиграфических исследований раннедокембрийских комплексов, где первичная геологическая информация затуманена метаморфическими процессами.

Ключевые слова: докембрий, Арктическая зона, Фенноскандинавский щит, Кейвский домен, геодинамика, супракурустальные породы.

On the possible correlation of the supracrustal complexes of the Small and Large Keivy, Kola region

Kozlov N.E. , Sorokhtin N.O., Mudruk S.V.

Geological Institute, Kola Research Center, Russian Academy of Sciences, Apatity, n.kozlov@ksc.ru

Abstract. The question of the correlation of the Snezhnoborskaya (Malokeyvskaya) suite of the Small Keivy with the rock complexes of the Large Keivy is considered. It has been established that, despite the similarity with almost all the compared formations of the Large Keivy, the supracrustal rocks of the Snezhnoborskaya suite differ most significantly from the formations of the upper Chervurta suite and the lower Pestsovo-Tundra suite and are more similar in composition to the rocks of the Lower Vychurta suite, and even more so to the rocks of the lower Chervurta suite. The presented materials do not allow us to reliably correlate the Snezhnoborskaya Formation of the Small Keivy with the subformations of the Large Keivy. Rather, it can be assumed that the Small Keivy were an independent structure that developed autonomously and was not connected with the more complex history of the development of the Large Keivy complexes. The proposed method for comparing the composition of supracrustal complexes is recommended by the authors as an independent tool for lithological and stratigraphic studies of the Precambrian complexes, where the primary geological information is obscured by metamorphic processes.

Keywords: Precambrian, Arctic zone, Fennoscandian shield, Keivy domain, geodynamics, supracrustal rocks.

Введение

Кейвский домен располагается в центральной части Кольского п-ова, с запада гранича с Кольско-Норвежским, а с севера – с супракурустальными комплексами Мурманского домена. На юге-юго-западе его обрамляет Имандра-Варзугская структура, основанием которой служат метаморфиты Терского домена и Беломорского подвижного пояса (рис. 1). На геологической карте видно, что низы его разреза, сложенные лебяжинской свитой (толщей), развиты повсеместно, что позволяет достаточно надежно коррелировать эти образования в пределах всего домена (рис. 1). Однозначно интерпретируются и совпадают разрезы кейвской серии (по Белолипецкий и др., 1980) сложенные породами червуртской и vychуртской свит, что во многом объясняется отсутствием, или крайне ограниченным распространением (при достаточно четких по породным ассоциациям характеристиках) этих образований в пределах Малых Кейв. Проблемы возникают лишь при построении верхней части разреза. Одни авторы допускают корреляцию этих породных ассоциаций

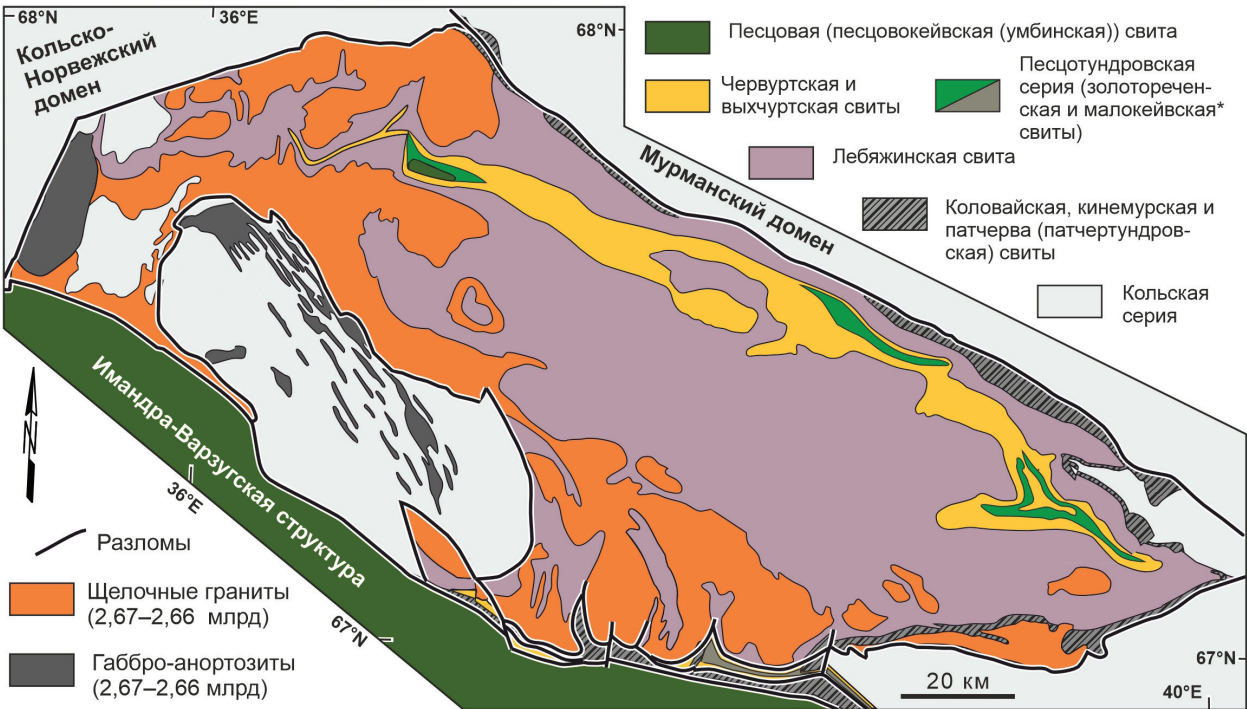


Рис. 1. Геологическая карта Кейвского террейна по (Геологическая карта..., 1996) с упрощениями и дополнениями. Основные названия свит даны по (Радченко и др., 1994), в скобках даны альтернативные названия по (Ремизова и др., 2007) и (Белолипецкий и др., 1980) в двойных скобках. *В настоящей работе снежноборская.

Fig. 1. Geological map of the Keivy terrane after (Geological map..., 1996) with simplifications and additions. The main names of the suites are given after (Radchenko et al., 1994), alternative names after (Remizova et al., 2007) are given in brackets and after (Belolipetsiky et al., 1980) – in double brackets. *In this work, Snezhnoborskaya.

в пределах всей Кейвской структуры, объединяя их в песцовотундровскую свиту (Радченко и др., 1994), в то время как другие, рассматривая их в составе песцовотундровской серии, разделяют в разрезе на золотореченскую (Большие Кейвы) и малокейвскую (Малые Кейвы) свиты (рис. 2,

Белолипецкий и др., 1980			Бельков, 1963			Радченко и др., 1994			Ремизова и др., 2007		
Серия	Свита/толща		Пачка	Свита/серия/толща		Свита (толща)		Серия			
Варзугская	Умбинская свита 725-925 м		Ж Е Д Г В Б А	Песцовая серия 1000-1150 м		Песцовокейвская свита 725-925 м		Песцово- тундровская			
Песцово- тундровская	Золотореченская свита 70-450 м			Песцовотундровская свита**	1100 м	Золотореченская свита 450 м					
	Малокейвская свита* 30-200 м					Малокейвская свита* 200 м					
Кейвская	Выхчуртская свита 0-710 м			Выхчуртская свита		Выхчуртская свита 500-710 м			Кейвская		
	Червуртская свита 45-580 м		Червуртская свита		Червуртская свита 600-1050 м						
Тундровая	Лебяжинская свита 270-1500 м		Тундровая свита	Лебяжинская толща 2500 м		Лебяжинская свита 980-1300 м		Понойская			
	Патчерв- тундровская свита 800-1000 м	Устьюгоньская толща 800-1000 м		Свита патчерва 1000 м		Патчерв- тундровская свита 1500 м	Устьюгоньская толща 1600 м				
	Коловайская толща 800-1000 м	Кинемурская толща 800-1000 м		Коловайская, кинемурская свиты 500 м	Коловайская толща <1000 м	Кинемурская толща >1000 м					

Рис. 2. Стратиграфические схемы Кейвского террейна по (Бельков, 1963; Белолипецкий и др., 1980; Радченко и др., 1994; Ремизова и др., 2007). *В настоящей работе снежноборская.

Fig. 2. Stratigraphic schemes of the Keivy terrane after (Belkov, 1963; Belolipetsky et al., 1980; Radchenko et al., 1994; Remizova et al., 2007). *In this work, Snezhnoborskaya.

(Белоліпецкі і др., 1980; Ремізова і др., 2007)). Последняя также выделяется как снежноборская (Белоліпецкі і др., 1980; Радченко і др., 1994).

Таким образом, вопрос о корреляции малокейвской (или снежноборской, что более привычно авторам настоящей статьи) свиты Малых Кейв с породными комплексами Больших Кейв на сегодня окончательно не решен. Наиболее полно это рассмотрено в работе (Радченко и др., 1994), где сказано следующее: «Устанавливается залегание песчовотундровской свиты на древнейших гнейсах и гранитоидах, нередко с корой выветривания в основании. О более молодом, сариолийском возрасте этой свиты никаких данных нет, так как разрезы сариолия имеют другой состав, строение и положение в структуре. Имеющиеся материалы склоняют авторов к интерпретации положения песчовотундровской свиты как подстилающей сумийский разрез и завершающей разрез сланцев кейвской серии верхнего архея. Очевидно, только новые исследования и изотопные датировки могут вывести эту проблему из состояния гипотетических сопоставлений на уровень обоснованных решений» (Радченко и др., 1994, стр. 47). И далее: «Строго говоря, песчовотундровская свита в этом районе (Малых Кейв. – *Прим. авторов*) (снежноборская) не является таковой, так как не связана физической непрерывностью со стратотипом в Больших Кейвах. Только ее положение в разрезе, состав и строение дают основание для такой корреляции. Но имеются основания и для сомнений, и потому необходимы дополнительные исследования» (Радченко и др., 1994, стр. 47).

Эти сомнения были высказаны ранее, в работе (Предовский и др., 1987), где указано, что по материалам А.А. Басалаева, наиболее достоверной является корреляция кварцито-сланцевой толщи Малых Кейв (снежноборской свиты. – *Прим. авторов*) с отложениями нижнечервуртской подсвиты. Хотя и в этой работе упоминается, что, по мнению большинства исследователей, снежноборская свита коррелируется с песчовотундровской серией и входит в её состав.

Нами ранее было показано (Козлов и др., 2022), что комплексы низов червуртской свиты (нижнечервуртская подсвита) по составу максимально близки к породам верхов лебяжинской свиты, в то время как метаосадочные породы верхней части разреза червуртской свиты (верхнечервуртская подсвита) имеют максимальное сходство с породами низов этой же свиты. В меньшей степени, но в целом аналогичные закономерности фиксируются и для метаосадочных комплексов выхчуртской свиты, где нижневыхчуртская подсвита наиболее сходна с червуртскими образованиями, в то время как верхневыхчуртская подсвита по составу максимально близка к ее низам.

Таблица 1. Сравнение вещества различных свит Кейвской структуры с веществом потенциальных источников их терригенного материала
Table 1 Comparison of the matter of different suites of the Keivy structure with the matter of potential sources of their terrigenous material

Свиты, комплексы*	ЛБЖН	ЛБЖВ	ЧРВН	ЧРВВ	ВХЧН	ВХЧВ	МБ	КН	ТЕР	БЛМР
ЧРВН	10.46	9.54**	–	10.11	–	–	13.20	16.79	18.19	24.46
ЧРВВ	20.67	22.59	7.64	–	–	–	19.55	18.47	18.84	20.79
ВХЧН	25.28	21.79	17.54	21.86	–	–	28.73	35.85	37.44	42.58
ВХЧВ	16.02	16.62	18.01	8.92	8.21	–	16.45	15.46	15.04	17.93
ПСЦ+СНБО	28.03	21.17	19.01	18.63	15.98	15.56	10.59	17.78	18.34	18.37
ПСЦ	20.24	19.61	17.20	16.93	15.27	14.89	10.21	18.13	20.88	16.41

Примечание. * сокращения для свит и комплексов: ЛБЖН, ЛБЖВ – лебяжинская свита, нижняя и верхняя подсвиты, соответственно; ЧРВН, ЧРВВ – червуртская свита, нижняя и верхняя подсвиты, соответственно; ВХЧН, ВХЧВ – выхчуртская свита, нижняя и верхняя подсвиты, соответственно; ПСЦ – песчовотундровская свита; СНБО – снежноборская свита; МБ – Мурманский домен; КН – Кольско-Норвежский домен; ТЕР – Терский домен; БЛМР – Беломорский подвижный пояс.
** жирным шрифтом выделены минимальные значения коэффициентов близости тех или иных объектов.

При этом, начиная с комплексов верхнечервуртской подсвиты, в формировании осадочного разреза Кейв начинает принимать участие как обломочный материал самой Кейвской структуры, так и вещество окружающих Кейвы доменов. В еще большей степени эта тенденция проявлена

для песчовотундровской свиты, как отдельно, так и совместно со снежноборской свитой, метаосадочные породы которых наиболее сходны с веществом Мурманского домена, а также выхчуртской свиты Кейв (табл. 1), как было описано ранее (Козлов и др., 2021, 2023). Это не исключало, по нашему мнению, возможной корреляции снежноборской и песчовотундровской толщ. При этом мы тогда высказали мнение, что данный вопрос нуждается в дополнительном исследовании. Данному вопросу и посвящена настоящая работа.

Методика исследований

Использование для проведения подобных корреляций традиционных геологических методов, при отсутствии, как показано выше, непрерывности разрезов, а также часто проявленной в пределах различных свит как Кейв, так и других структур региона латеральной изменчивости породных ассоциаций метаосадочных образований, не позволили на сегодняшний день найти достоверные решения этой задачи. В связи с этим в настоящей работе для данной цели был применен метод сравнения состава свит, разработанный Е.В. Мартыновым, который достаточно широко использовался нами для различного рода сопоставлений докембрийских объектов (Sorokhtin et al., 2020; Козлов и др., 2021, 2023). Метод позволяет вычислять коэффициенты близости сравниваемых объектов, при этом минимальная их величина означает, что вещество объектов, для которых они получены, имеет максимальное сходство.

При проведении таких сравнений мы ориентировались на выводы, сделанные Э.П. Изохом (1978), что при случайном опробовании комплексов, при наличии представительных выборок, расчет их среднего состава близок к расчету по реальным соотношениям пород. Это положение было специально проверено нами на оригинальном материале, при этом установлено, что оценки, произведенные двумя названными методами, практически идентичны (Козлов, 1995).

Поскольку используемые при наших сравнениях выборки достаточно представительны, а опробование толщ было, в понимании Э.П. Изоха, случайным, при проведении сопоставлений с использованием упомянутых выше методик мы получали, как нам представляется, объективный ответ на вопрос – с какими свитами и подсвитами Кейвской структуры исследуемые нами объекты наиболее близки по составу. При этом мы предполагали, что при всех возможных вариантах латеральной изменчивости идентичные по времени формирования (и, соответственно, по положению в разрезе) толщи в пределах одной структуры должны быть максимально близки по среднему составу.

Для решения данной задачи использовалась аналитическая база, включающая 384 полных силикатных анализа пород Кейвской структуры, из которых 302 надежно распознаются как характеризующие метаосадочные образования.

Обсуждение результатов

На первом этапе исследований, по аналогии с проведенными ранее сопоставлениями (см. табл. 1) было проведено сравнение состава пород снежноборской свиты с веществом различных свит Больших Кейв и комплексов обрамления (табл. 2). Как это отчетливо видно, по составу породных ассоциаций снежноборская свита из всех комплексов имеет максимальное сходство с породами Мурманского домена. Это позволяет рассматривать данные образования в качестве одного из главных потенциальных источников её терригенного материала, что совпадает со сделанным нами ранее (Козлов и др., 2023) выводом и, на первый взгляд, свидетельствует в пользу предположения о ее возможной корреляции с образованиями песчовотундровской свиты. Заметим также, что этот вывод противоречит предположению о формировании толщ снежноборской свиты за счет вещества лебяжинской свиты, как предполагалось ранее (Пожиленко и др., 2002).

Далее было проведено более детальное сопоставление вещества потенциально наиболее близких по составу, исходя из результатов, приведенных в таблице 2, комплексов червуртской, выхчуртской и песчовотундровской свит Больших Кейв с породными ассоциациями снежноборской толщи. Результаты сопоставлений приведены в таблице 3.

При сходстве практически со всеми сравниваемыми подсвитами Больших Кейв, супракрустальные породы снежноборской подсвиты существенно всего отличаются от образований вер-

хов червуртской свиты и низов песчовотундровской свиты и наиболее сходны по составу с породами низов червуртской свиты. Последнее совпадает со сделанным ранее выводом А.А. Басалаева (Предовский и др., 1987), подкреплённым наличием в обоих комплексах монтмориллонит- и лептохлоритосодержащих метапелитов и повышенного содержания аллотигенного циркона. Он же отмечал, что корреляции данных образований с породами песчовотундровской свиты, что и в то время, и сейчас, принимается большинством исследователей, противоречат данные об ограниченном количестве в последней метаконгломератов и ассоциирующих с ними пород.

Таблица 2. Результат сравнения состава пород снежноборской свиты Малых Кейв с веществом различных свит Больших Кейв и комплексов обрамления

Table 2. The result of a comparison of the rocks composition of the Snezhnoborskaya suite of the Small Keivy with the material of various suites of the Large Keivy and framing complexes

Свиты, комплексы*	ЛБЖ	ЧРВТ	ВХЧТ	ПСЦО	ПСЦВ	МБ	КН	ТЕР	БЛМР
СНБО	20.47	16.69	14.74	14.83	18.76	10.99	17.43	15.79	20.32

Примечание. *сокращения для свит и комплексов: ЛБЖ – лебяжинская свита; ЧРВТ – червуртская свита; ВХЧТ – выхуртская свита; ПСЦО – песчовотундровская свита, нижняя часть разреза; ПСЦВ – песчовотундровская свита, верхняя часть разреза; СНБО – снежноборская свита; МБ – Мурманских домен; КН – Кольско-Норвежский домен; ТЕР – Терский домен; БЛМР – Беломорский подвижный пояс.

**жирным шрифтом выделены минимальные значения коэффициентов близости тех или иных объектов.

В то же время, как это иллюстрируется данными, приведенными в таблице 1, если источником вещества для нижнечервуртской подсвиты можно предполагать верхи лебяжинской свиты, что, как нам представляется, фиксирует начало стабилизации режимов формирования Больших Кейв, то для снежноборской такого сходства не наблюдается. Как представляется, основным источником вещества для нее являлись, в первую очередь, породные ассоциации Мурманского домена, в меньшей степени – пород Кейвского домена и других обрамляющих Кейвы структур, что позволяет предполагать достаточно активную геодинамическую обстановку в период ее формирования. В этом снежноборская свита более сходна с образованиями низов песчовотундровской свиты, что объясняет, почему добавление выборки проб пород снежноборской свиты к выборке, характеризующей низы песчовотундровской свиты, существенно не повлияло на результаты ранее проведенных сопоставлений (Козлов и др., 2023).

Таблица 3. Результат сравнения состава пород различных подсвит Больших Кейв и снежноборской свиты Малых Кейв

Table 3. Comparison of the rocks composition from different subformations of the Large Keivy and Snezhnoborskaya suite of the Small Keivy

Свиты, комплексы*	ЧРВН	ЧРВВ	ВХЧН	ВХЧВ	ПСЦО
СНБО	8.79	14.27	9.11	11.87	10.00

Примечание. *сокращения для свит и комплексов: ЛБЖН, ЛБЖВ – лебяжинская свита, нижняя и верхняя подсвиты, соответственно; ЧРВН, ЧРВВ – червуртская свита, нижняя и верхняя подсвиты, соответственно; ВХЧН, ВХЧВ – выхуртская свита, нижняя и верхняя подсвиты, соответственно; ПСЦ – песчовотундровская свита; СНБО – снежноборская свита.

**жирным шрифтом выделены минимальные значения коэффициентов близости тех или иных объектов.

Выводы

Приведенные материалы не позволяют с достаточной достоверностью проводить корреляцию снежноборской свиты Малых Кейв с подсвитами Больших Кейв. Скорее можно предположить, что Малые Кейвы являлись самостоятельной структурой, развивавшейся автономно и не связанной с более сложной историей развития комплексов Больших Кейв. Если с этих позиций посмотреть на вывод, о формировании пород снежноборской свиты за счет вещества архейских комплексов с возрастом 2703–2750 млн лет (Гавриленко, Басалаев, 1981), в рамках предложенной нами гипотезы он вполне объясним.

Кроме того, материалы данных исследований позволяют рекомендовать предложенную методику сравнения состава супракомплексов в качестве самостоятельного инструмента литолого-стратиграфических исследований реннедокембрийских комплексов, где первичная геологическая информация затухивана метаморфическими процессами.

Литература

1. Белолипецкий А.П., Гаскельберг В.Г., Гаскельберг Л.А., Антонюк Е.С., Ильин Ю.И. Геология и геохимия метаморфических комплексов раннего докембрия Кольского полуострова. Л.: Наука, 1980. 238 с.
2. Бельков И.В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М.–Л.: АН СССР, 1963. 322 с.
3. Гавриленко Б.В., Басалаев А.А. Минералого-геохимическая зональность в метаморфитах нижних уровней кейвского комплекса // Рудогенез в метаморфических комплексах докембрия. Апатиты: Изд-во КНЦ АН СССР, 1991. С. 96–105.
4. Изох Э.П. Оценка рудоносности гранитоидных формаций в целях прогнозирования. М.: Недра, 1978. 136 с.
5. Козлов Н.Е. Вещественный состав метаморфических комплексов высокобарных гранулитовых поясов и проблема формирования их протолитов (на примере Лапландских гранулитов). Автореф. докторск. дисс., С-Пб., ИГГД, 1995. 36с.
6. Козлов Н.Е., Сорохтин Н.О., Мартынов Е.В., Марчук Т.С. Особенности формирования супракомплексов Кейвского домена // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24. № 1. С. 35–45. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-1-35-45>.
7. Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О., Марчук Т. С. Развитие Кейвского домена в докембрии // Вестник МГТУ. 2023. Т. 26. № 1. С. 18–24. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-1>.
8. Мудрук С.В. Стратиграфия Кейвского террейна: обзор // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2022. № 19. С. 253–259. <https://doi.org/10.31241/FNS.2022.19.046>.
9. Радченко А.Т., Балаганский В.В., Басалаев А.А., Беляев О.А., Пожиленко В.И., Радченко М.К. Объяснительная записка к геологической карте северо-восточной части Балтийского щита масштаба 1:500000. Апатиты: КНЦ РАН. 1994. 95 с.
10. Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин С.В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 359 с.
11. Предовский А.А., Мележик В.А., Болотов В.И., Федотов Ж.А., Басалаев А.А., Козлов Н.Е., Иванов А.А., Жангуров А.А., Скуфьин П.К., Любцов В.В. Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита. Л.: Наука, 1987. 185 с.
12. Ремизова А.М., Семушина Н.А., Плотникова И.А. Объяснительная записка к геологической карте Мурманской области. Масштаб 1:200 000. Листы Q-37-I, II. Краснощелье / ред. Ремизова А.М. // Отчёт о составлении обновлённой цифровой геологической карты Мурманской области масштаба 1:200 000. Кн. 18. Апатиты, 2007. 117 с.
13. Sorokhtin N.O., Kozlov N.E., Glaznev V.N., Martynov E.V. A Study in Earth's Geological Evolution (The Baltic Shield). John Wiley & Sons, Inc. 2020. 588 p.