

УДК 551.24 (470.22)(084.3)

НОВАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ КАРТА КАРЕЛИИ: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ

А. И. Слабунов*, **С. А. Светов**, **А. В. Степанова**,
П. В. Медведев, **А. К. Полин**

*Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»
(ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910),
slabunov@krc.karelia.ru

Тектоническая карта – это картографическое отображение моделей строения (архитектуры) земной коры, а также геодинамических обстановок формирования слагающих их вещественных комплексов. Подготовлена новая тектоническая карта Карелии, которая позволяет: выделять территории с различной историей развития земной коры; проводить анализ эволюции геодинамических обстановок при формировании земной коры региона от архея до палеозоя.

Ключевые слова: тектоническая карта; Карельский кратон; Беломорская провинция; Свеккофеннская провинция; архей; протерозой

Для цитирования: Слабунов А. И., Светов С. А., Степанова А. В., Медведев П. В., Полин А. К. Новая тектоническая карта Карелии: принципы построения и их реализация // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 132–138. doi: 10.17076/geo1690

Финансирование. Работа является вкладом в исследования ИГ КарНЦ РАН по теме АААА-А18-118020290085-4.

A. I. Slabunov*, S. A. Svetov, A. V. Stepanova, P. V. Medvedev, A. K. Polin. A NEW TECTONIC MAP OF KARELIA: THE MAIN CONCEPT AND ITS APPLICATION

*Institute of Geology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
(11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia), *slabunov@krc.karelia.ru*

A tectonic map depicts the structure (architecture) of the Earth's crust and the geodynamic settings for the formation of its constituent plutonic and supracrustal complexes. The newly compiled tectonic map of Karelia permits 1) to delineate areas that differ in the evolution of Earth's crust and 2) to analyze the evolution of the geodynamic settings for the formation of Earth's crust from the Archean to the Paleozoic time.

Keywords: tectonic map; Karelian Craton; Belomorian Province; Svecofennian Province; Archean; Paleoproterozoic

For citation: Slabunov A. I., Svetov S. A., Stepanova A. V., Medvedev P. V., Polin A. K. A new tectonic map of Karelia: the main concept and its application. *Trudy Karel'skogo*

Funding. The study is a contribution to the activities of the Institute of Geology KarRC RAS within state-ordered research theme AAAA-A18-118020290085-4.

Тектоническая карта – это картографическое отображение моделей строения (архитектуры) земной коры, а также геодинамических обстановок формирования слагающих их вещественных комплексов [Тектонический..., 2016].

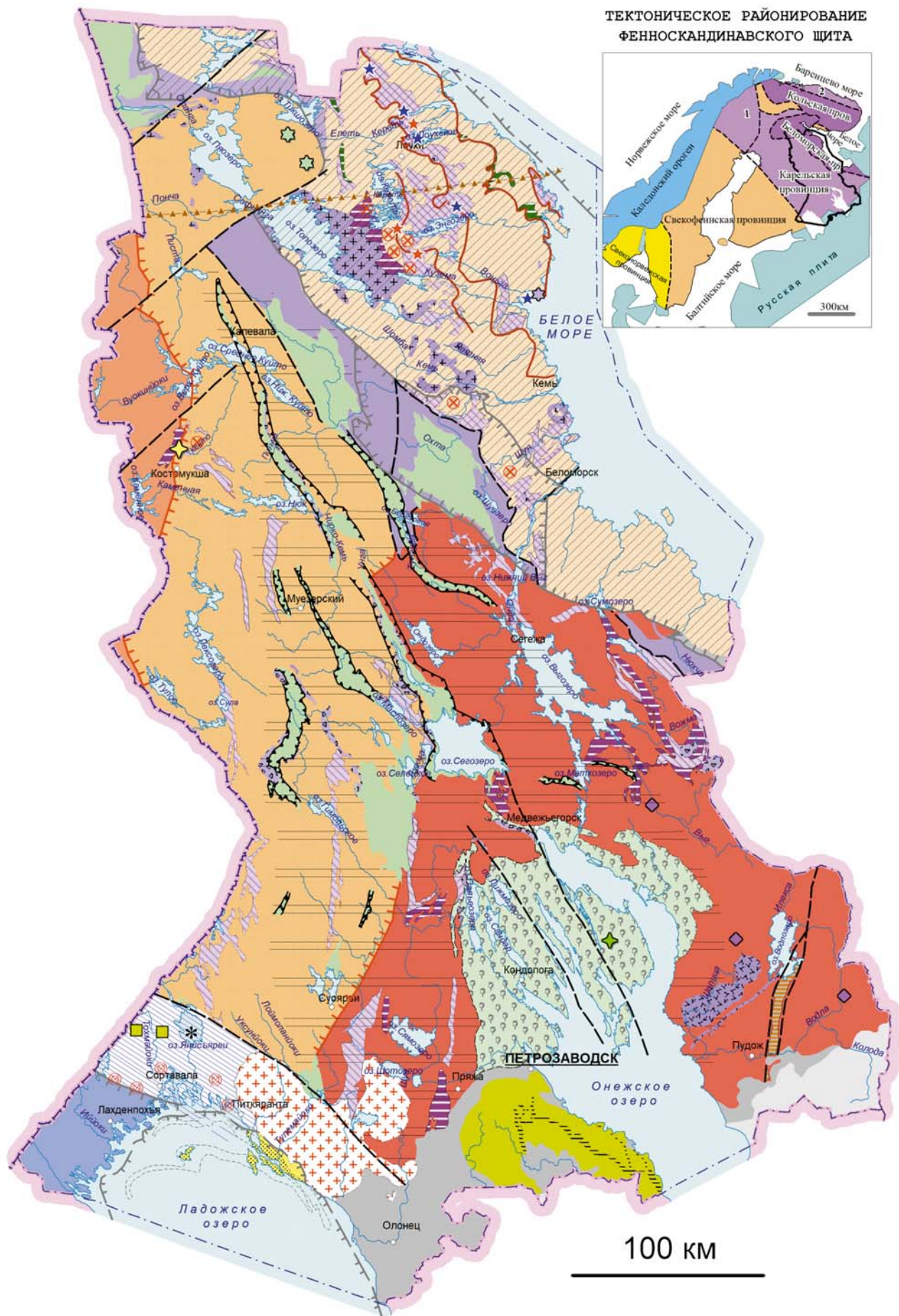
Тектонические карты являются обязательным элементом комплекта геологической информации о территории, поэтому работы по их созданию для территории Карелии были начаты в 30-е годы двадцатого века и получили развитие в эпоху грандиозных геологических исследований в его середине [например, Геология..., 1960]. Наиболее известные тектонические карты Карелии подготовлены в конце двадцатого века и базировались на принципах выделения тектонических ярусов [Лазарев, 1989; Сыстра, 1991]. Эти карты, помимо тектонического районирования, содержат информацию, позволяющую анализировать структурную эволюцию различных тектонических доменов, что и в настоящее время остается актуальной задачей. Вместе с тем смена геодинамической парадигмы, новые данные о строении и эволюции земной коры в раннем докембрии, появившиеся за последние десятилетия, требуют внедрения этих знаний и результатов в практику, в частности тектонического картографирования. Главная цель данной публикации – рассмотреть базовые принципы, заложенные в легенду новой тектонической карты Карелии, и продемонстрировать их реализацию (рис.).

Территория Республики Карелия находится в северо-западной части Восточно-Европейской платформы (кратона), где на поверхность в виде Фенноскандинавского (Балтийского) щита выходит ее древний фундамент. В южной и северо-восточной частях территории республики выделяются доплитные мезопротерозойские (рифейские) рифтогенные структуры: Ладожский авлакоген и рифтовая система Белого моря (рис.). Южная и юго-восточная часть территории сложена неопротерозойскими (вендскими), девонскими, карбоновыми и пермскими осадочными комплексами Русской плиты.

Фенноскандинавский щит с юга и востока ограничен распространением образований Русской плиты, а на северо-западе – каледонским орогеном (рис., врезка). Фенносканди-

навский щит неоднороден, по особенностям строения и тектонического развития земной коры в его пределах выделяются провинции – крупные фрагменты земной коры, отличные по совокупности признаков от соседних, но без обоснования природы этих отличий. В пределах щита выделяется 8 провинций: Карельская, Мурманская, Норрботтен, Беломорская, Кольская, Свекофеннская и Свеконорвежская (рис., врезка). Более глубокий анализ истории развития этих структур позволяет идентифицировать первые три провинции (Карельскую, Мурманскую и Норрботтен) как архейские кратоны [Слабунов и др., 2006; Слабунов, 2008]. Карельский кратон, самый крупный из них, занимает центральное положение в восточной части Фенноскандинавского щита и большую часть территории Карелии (рис., врезка). К юго-востоку от него располагается Свекофеннская провинция, которая определяется как палеопротерозойский (1,9–1,8 млрд лет) Свекофеннский аккреционный подвижный (орогенный) пояс [Балтыбаев, 2013]. К северо-востоку от Карельского кратона находятся Беломорская и Кольская провинции, земная кора каждой из которых имеет длительную самостоятельную историю формирования в архее, а в палеопротерозое (2,0–1,9 млрд лет) они развивались как элементы Лапландско-Кольского коллизионного орогена [Балаганский, 2002]. Ядро этого орогена сложено гранулитами Лапландского и Умбинского поясов и комплементарными им палеопротерозойскими мигматизированными гранито-гнейсами и супракрустами Терского террейна (они находятся на территории Кольского полуострова в Мурманской области), а его юго-западный форланд представлен образованиями Беломорского подвижного пояса. Таким образом, на территории Карелии доступны для исследований образования Карельского архейского кратона, Беломорского докембрийского подвижного пояса и Свекофеннского палеопротерозойского орогена, каждый из которых рассматривается как самостоятельная тектоническая провинция [Слабунов и др., 2006] (рис., врезка).



Появлению новой тектонической карты Карелии [Слабунов, Полин, 2021] предшествовало создание [Куликов и др., 2017] и апробация на крупнейших научных форумах







Тектоническая карта Карелии (масштаб 1:2 000 000) [Слабунов, Полин, 2021]
 Tectonic map of Karelia (scale 1:2 000 000) [Slabunov, Polin, 2021]

СХЕМА ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА




Структура обрамления щита

-  Платформенный чехол, байкалиды и рифты
-  Каледонский ороген




Земная кора Фенноскандинавского щита

-  Палео/мезопротерозойская (1.65-1.5 млрд лет) ювенильная
-  Палеопротерозойская (2.0-1.65 млрд лет) ювенильная
-  Архейская (3.0-2.5 млрд лет) с фрагментами ювенильной палеопротерозойской коры, преобразованная в ходе палеопротерозойской орогении (Беломорская и Кольская провинции)
-  Архейская (3.5-2.5 млрд лет) кора (Карельская, Норрботтен (1) и Мурманская (2) провинции)

ЛЕГЕНДА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ КАРТЫ КАРЕЛИИ

-  Чехол Русской плиты Восточно-Европейской платформы: а - палеозой, б - венд
-  Южная граница Кольской девонской (400-360 млн лет) крупной магматической провинции мантийно-плюмовой природы
-  Неопротерозойская (725 млн лет) астроблема








МЕЗО-НЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ РИФТОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ МАНТИЙНО-ПЛЮМОВОЙ ПРИРОДЫ






-  Рифейские (1.5-1.1 млрд лет) континентальные рифты
-  Рифейские магматические образования мантийно-плюмовой природы: а - силлы габбродолеритов, монцонитов; б - лампроиты, кимберлиты
-  Мезопротерозойские (1.66-1.53 млрд лет) анорогенные интрузии (граниты рапакиви)

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ (2.0-1.65 млрд лет) ОРОГЕНЫ





-  Ювенильная кора Свеккофеннского (1.98-1.65 млрд лет) аккреционного орогена
-  Форланд Свеккофеннского аккреционного орогена
-  Форланд Лапландско-Кольского (2.0-1.9 млрд лет) коллизионного орогена

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ РИФТОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ МАНТИЙНО-ПЛЮМОВОЙ ПРИРОДЫ





-  Вепсийский (1.8-1.75 млрд лет) внутриплитный бассейн
-  Магматические образования мантийно-плюмовой природы: а - силлы габбродолеритов; б - бимодальный интрузивный комплекс
-  Ятулийско-людиковый (2.3-1.96 млрд лет) внутриплитный бассейн
-  Предполагаемая область распространения бассейна
-  Центральная часть бассейна с проявлениями мантийно-плюмового магматизма
-  Реликты бассейна с проявлениями мантийно-плюмового магматизма
-  Магматические образования мантийно-плюмовой природы: а - щелочные интрузии; б - кимберлиты
-  Сумийский (2.5-2.4 млрд лет) континентальный рифт "Ветренный пояс"

-  Центральная часть рифта
-  Второстепенные рифтогенные структуры
-  Интрузии мантийно-плюмовой природы:
-  Гранитоиды (а) и габброиды (б) бимодального комплекса
-  Карбонатиты

АРХЕЙСКИЕ ТЕРРЕЙНЫ

-  Центрально-Карельский: неoarхейская континентальная кора с реликтами мезoarхейской
-  Беломорский: мезо-неoarхейская континентальная кора, претерпевшая структурно-метаморфические преобразования в ходе лапландско-кольской орогении
-  Западно-Карельский (Кианта): мезо-неoarхейская континентальная кора
-  Водлозерский: мезо-неoarхейская континентальная кора с реликтами (показаны ромбами) палеoarхейской








ИНДИКАТОРЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК АРХЕЯ (3.05-2.7 млрд лет)

-  Офиолитовые комплексы (маркируют спрединг и другие процессы формирования океанической коры)
-  Субдукционные комплексы (островодужные вулканы, осадочные комплексы задуговых и преддуговых бассейнов, эколгитсодержащий меланж)
-  Коллизионные комплексы: а - метаморфические ассоциации высокобарической гранулитовой фации; б - коллизионные граниты
-  Мантийно-плюмовые комплексы: а - океанические плато; б - внутриплитные рифты

ГРАНИТО-ГНЕЙСОВЫЕ КУПОЛА — ПРОЯВЛЕНИЕ ДИАПИРОВОЙ ТЕКТОНИКИ

-  Палеопротерозойские
-  Неoarхейские

РАЗЛОМЫ

-  Сбросы, ограничивающие рифейские рифты
-  Надвиги, связанные с палеопротерозойскими процессами коллизии и аккреции
-  Сбросы, ограничивающие ятулийские грабен-синклинали
-  Надвиги, связанные с неoarхейскими процессами:
-  а) коллизии (Беломорская провинция)
-  б) аккреции (Карельский кратон)
-  Разломы, не классифицированные по возрасту, морфологии и кинематике

[Куликов и др., 2015; Slabunov et al., 2016; Svetov et al., 2016] обзорной геологической карты Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000. Эта карта содержит базовую информацию об основных геологических комплексах территории Карелии и является основой для тектонического районирования и геодинамической интерпретации геологических образований.

Тектоническое районирование докембрийских образований проведено по принципу истории становления континентальной земной коры. Этот подход подразумевает анализ истории формирования блоков земной коры и выделение в их составе террейнов – фрагментов, которые отличаются от соседних историей своего формирования и отделены от них разломами. В архее в пределах Карелии выделено четыре террейна: Водлозерский, Западно-Карельский, Центральнo-Карельский и Беломорский (рис.). Они различаются временем начала формирования континентальной коры, особенностями истории ее развития в архее [Слабунов и др., 2006]. Среди палеопротерозойских структур выделяются отдельные элементы орогенных поясов (форланд коллизионного Лапландско-Кольского; форланд и небольшой фрагмент ювенильной земной коры аккреционного Свекофеннского), рифтогенные системы, связанные с воздействием на земную кору мантийных плюмов. Среди последних выделяются сумийский континентальный рифт Ветреный пояс, ятулийско-людиковийский и вепсийский внутриплитные бассейны, рифейская система континентальных рифтов.

На карте содержится информация о проявлениях в архее и протерозое дизъюнктивной и диапировой тектоники (рис.). Среди первых выделяются разломы различной природы (надвиги, сбросы и др.), а среди вторых – гранито-гнейсовые купола.

В легенде помимо возраста стабилизации коры важное значение уделено идентификации комплексов – индикаторов геодинамических обстановок. К ним относятся: офиолиты – индикаторы спрединга и процессов становления океанической коры (в том числе в супрасубдукционных обстановках); островодужные вулканы, осадочные комплексы задуговых и преддуговых бассейнов, эклогитсодержащий меланж – рассматриваемые как индикаторы субдукционных обстановок; метаморфические комплексы высокобарической гранулитовой фации, граниты S-типа, надвиги, гранито-гнейсовые купола – индикаторы коллизионных обстановок; бимодальный, коматиитовый, щелочной, кимберлитовый магматизм, осадочные

бассейны с проявлениями этого магматизма – индикаторы подъема мантийных плюмов и их взаимодействия с континентальной литосферой. Показана также астроблема, как проявление взаимодействия земной коры с небесными телами.

Таким образом, новая тектоническая карта Карелии наряду с информацией о тектоническом районировании территории содержит большой пласт данных о геодинамических аспектах формирования земной коры региона от архея до палеозоя и позволяет: 1) выделять территории с различной историей становления земной коры; 2) проводить геодинамические реконструкции для разных временных срезов от архея до палеозоя. Эти данные могут быть полезны для оценки металлогенической специализации отдельных структур и районов.

Литература

Балаганский В. В. Главные этапы тектонического развития северо-востока Балтийского щита в палеопротерозое: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. СПб.: СПбГПУ, 2002. 32 с.

Балтыбаев Ш. К. Свекофеннский ороген Фенноскандинавского щита: вещественно-изотопная зональность и ее тектоническая интерпретация // Геотектоника. 2013. № 6. С. 44–59.

Геология СССР. Т. 37. Карельская АССР / Ред. Антропов П. Я., Волотовская Н. А., Кратц К. О., Нумерова В. Н. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 740 с.

Куликов В. С., Володичев О. И., Голубев А. И., Горьковец В. Я., Иващенко В. И., Куликова В. В., Светов С. А., Слабунов А. И., Гоголев М. А., Полин А. К. Магматические и метаморфические формации и комплексы на новой геологической карте ЮВ Фенноскандии м-ба 1:750 000 // Петрография магматических и метаморфических горных пород: Мат-лы XII Всерос. петрограф. совещания. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 444–446.

Куликов В. С., Светов С. А., Слабунов А. И., Куликова В. В., Полин А. К., Голубев А. И., Горьковец В. Я., Иващенко В. И., Гоголев М. А. Геологическая карта Юго-Восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000: новые подходы к составлению // Труды Карельского научного центра РАН. 2017. № 2. С. 3–41. doi: 10.17076/geo444

Лазарев Ю. И. Тектоническая карта // Атлас Карельской АССР. М.: ГУГК при СМ СССР, 1989. С. 11.

Слабунов А. И., Полин А. К. Тектоническая карта // Атлас Республики Карелия / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2021. С. 14–15.

Слабунов А. И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов (на примере Беломорской провинции Фенноскандинавского щита). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 296 с.

Слабунов А. И., Балаганский В. В., Щипанский А. А. Мезоархей-палеопротерозойская эволюция земной коры Беломорской провинции Фенноскандинавского щита и тектоническая позиция

эколитов // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 5. С. 648–675. doi: 10.15372/GiG2021116

Слабунов А. И., Лобач-Жученко С. Б., Бибикова Е. В., Балаганский В. В., Сорьонен-Вард П., Володичев О. И., Щипанский А. А., Светов С. А., Чекулаев В. П., Арестова Н. А., Степанов В. С. Архей Балтийского щита: геология, геохронология, геодинамические обстановки // Геотектоника. 2006. № 6. С. 3–32.

Сыстра Ю. Й. Тектоника карельского региона. Л.: Наука, 1991. 176 с.

Тектонический кодекс России / Отв. ред. Мержеловский Н. В. М.: Геокарта-ГЕОС, 2016. 240 с.

Slabunov A. I., Svetov S. A., Kulikov V. S., Polin A. K. A new geological map of the SE Fennoscandian Shield as a tool for the Early Precambrian crustal evolution study (exemplified by the Archean) // Lithosphere 2016. Ninth Symposium on structure, composition and evolution of the lithosphere in Fennoscandia. Programme and Extended abstracts. Institute of Seismology, University of Helsinki. Finland. Report S-65. 2016. P. 131–134.

Svetov S. A., Slabunov A. I., Kulikov V. S. A new geological map of the SE Fennoscandian Shield as a basis for the study of the evolution of the early earth crust // 35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa. Abstracts. Alexandria: American Geosciences Institute, 2016. P. 3935.

References

Antropov P. Ya., Volotovskaya N. A., Kratts K. O., Numerova V. N. (eds.). Geology of the USSR. Vol. 37. Karelian ASSR. Moscow: Gosgeoltekhizdat; 1960. 740 p. (In Russ.)

Balagansky V. V. Main stages of the Palaeoproterozoic tectonic evolution of the Northeastern Baltic Shield: DSc (Dr. of Geol.-Miner.) thesis. St. Petersburg; 2002. 32 p. (In Russ.)

Baltybaev Sh. K. Svecofennian Orogen of the Fennoscandian Shield: Compositional and isotopic zoning and its tectonic interpretation. *Geotectonics*. 2013;47(6): 452–464. doi: 10.1134/S0016852113060022

Kulikov V. S., Volodichev O. I., Golubev A. I., Gor'kovets V. Ya., Ivashchenko V. I., Kulikova V. V., Svetov S. A., Slabunov A. I., Gogolev M. A., Polin A. K. Magmatic and metamorphic formations and complexes on a new geological map of the southeastern Fennoscandia (scale 1:750 000). *Petrografiya magmaticheskikh i metamorficheskikh gornyx porod: materialy XII Vseros. petrograf. soveshchaniya = Petrography of Magmatic*

and Metamorphic Rocks: Proceed. of the XII All-Russian Petrographic Conf. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2015. P. 444–446. (In Russ.)

Kulikov V. S., Svetov S. A., Slabunov A. I., Kulikova V. V., Polin A. K., Golubev A. I., Gor'kovets V. Ya., Ivashchenko V. I., Gogolev M. A. Geological map of Southeastern Fennoscandia (scale 1:750 000): A new approach to map compilation. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2017;2:3–41. (In Russ.)

Lazarev Yu. I. Tectonic map. *Atlas of Karelian ASSR*. Moscow: GUGK; 1989. (In Russ.)

Mezhelovsky N. V. (ed.). Tectonic code of Russia. Moscow: Geokart-GEOS; 2016. 240 p. (In Russ.)

Slabunov A. I., Polin A. K. Tectonic map. *Atlas of Republic of Karelia*. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2021. P. 14–15. (In Russ.)

Slabunov A. I. Geology and geodynamics of the Archean Mobile Belts (on the example of the Belomorian Province of the Fennoscandian Shield). Petrozavodsk: KarRC RAS; 2008. 298 p. (In Russ.)

Slabunov A. I., Balagansky V. V., Shchipansky A. A. Mesoarchean to Paleoproterozoic crustal evolution of the Belomorian Province, Fennoscandian Shield, and the tectonic setting of eclogites. *Russian Geology and Geophysics*. 2021;62(5):525–546. doi: 10.2113/RGG20204266

Slabunov A. I., Lobach-Zhuchenko S. B., Bibikova E. V., Balagansky V. V., Sorjonen-Ward P., Volodichev O. I., Shchipansky A. A., Svetov S. A., Chekulaev V. P., Arestova N. A., Stepanov V. S. The Archean of the Baltic Shield: Geology, geochronology, and geodynamic settings. *Geotectonics*. 2006;40:409–433. doi: 10.1134/S001685210606001X

Slabunov A. I., Svetov S. A., Kulikov V. S., Polin A. K. A new geological map of the SE Fennoscandian Shield as a tool for the Early Precambrian crustal evolution study (exemplified by the Archean). *Lithosphere 2016. Ninth Symposium on structure, composition and evolution of the lithosphere in Fennoscandia*. Programme and Extended abstracts. Institute of Seismology, University of Helsinki. Finland. Report S-65. 2016. P. 131–134.

Svetov S. A., Slabunov A. I., Kulikov V. S. A new geological map of the SE Fennoscandian Shield as a basis for the study of the evolution of the early earth crust. *35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa*. Abstracts. Alexandria: American Geosciences Institute; 2016. P. 3935.

Systra Yu. I. Tectonics of the Karelian region. *Lenin-grad: Nauka*; 1991. 176 p. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 22.08.2022; принята к публикации / accepted: 29.08.2022.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Слабунов Александр Иванович

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

e-mail: slabunov@krc.karelia.ru

CONTRIBUTORS:

Slabunov, Alexander

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher, Head
of Precambrian Geology and Geodynamics Laboratory

Светов Сергей Анатольевич

д-р геол.-мин. наук, директор, руководитель
лаборатории

e-mail: ssvetov@krc.karelia.ru

Степанова Александра Владимировна

канд. геол.-мин. наук, заместитель директора, ведущий
научный сотрудник

e-mail: stepanov@krc.karelia.ru

Медведев Павел Владимирович

канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник
лаборатории геологии и геодинамики докембрия

e-mail: pmedved@krc.karelia.ru

Полин Александр Константинович

канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник

e-mail: polin@krc.karelia.ru

Svetov, Sergey

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

Stepanova, Alexandra

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Deputy Director, Leading
Researcher

Medvedev, Pavel

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher,
Precambrian Geology and Geodynamics Laboratory

Polin, Alexander

Cand. Sci. (Phys.-Math.), Leading Researcher