Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 10. С. 134–140
Transactions of the Karelian Research Centre RAS. 2026. No. 10. P. 134–140
DOI: 10.17076/geo2245

УДК 550.347

СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА ПО НОВЫМ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

А. Г. Гоев[1]*, К. А. Докукина[2]

[1] *Институт динамики геосфер им. акад. М. А. Садовского Российской академии наук (Ленинский пр., 38, корп. 1, Москва, Россия, 119334), *goev@idg.ras.ru*
[2] *Геологический институт Российской академии наук (Пыжевский пер., 7, стр. 1, Москва, Россия, 119017)*

В работе представлены результаты исследования верхней мантии Кольского региона на основе анализа широкополосных сейсмологических данных. Использованы записи как постоянных сейсмических станций, установленных в регионе, так и четырех новых пунктов регистрации. По данным полученной таким образом площадной сети, состоящей из 14 станций, методом функций приемника были построены модели распределения скоростей поперечных волн до глубин около 300 км. Согласно построенным новым моделям, выявляется сложное гетерогенное строение литосферы исследуемого региона, где высокоскоростной слой поднимается к верхним слоям мантии и деформирует вышележащий слой пониженных скоростей MLD (mid-lithosphere discontinuity). По-видимому, неоднородное строение мантии представляет собой результат взаимодействия архейской литосферы и палеопротерозойского мантийного плюма. Кроме того, показано, что коро-мантийный переход в исследуемом регионе представлен как резкой границей Мохо, так и градиентным слоем.

Ключевые слова: Кольский регион; обменные волны; глубинное строение; верхняя мантия; Мохо; MLD

Для цитирования: Гоев А. Г., Докукина К. А. Строение верхней мантии Кольского региона по новым сейсмологическим данным // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 10. С. 134–140. doi: 10.17076/geo2245

Финансирование. Работа выполнена согласно плану научных исследований ИДГ РАН (№ 125012200561-3) и ГИН РАН (FMMG-2023-0007).

A. G. Goev[1]*, K. A. Dokukina[2]. THE UPPER MANTLE STRUCTURE OF THE KOLA REGION FROM NEW SEISMOLOGICAL DATA

[1] *Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of the Russian Academy of Sciences (Leninsky Prospect, 38, Building 1, 119334, Moscow, Russia), *goev@idg.ras.ru*
[2] *Geological Institute of the Russian Academy of Sciences (Pyzhevsky Lane, 7, Bld. 1, 119017, Moscow, Russia)*

This paper presents the results of a study of the upper mantle in the Kola region, based on the analysis of broadband seismological data. The dataset includes seismograms from

both permanent seismic stations installed in the region and four new temporary recording sites. Using the network of 14 stations, we obtained shear-wave velocity models to depths of about 300 km using the receiver function method. The new models reveal a heterogeneous structure of the lithosphere in the study area, where a high-velocity layer rises toward the upper layers of the mantle and deforms the overlying mid-lithosphere discontinuity (MLD), characterized by lower velocities. This heterogeneous mantle structure appears to be the result of an interaction between the Archean lithosphere and a Paleoproterozoic mantle plume. Furthermore, the study shows that the crust-mantle transition in the region is represented by both a sharp Moho boundary and a gradient layer.

Keywords: Kola region; receiver functions; deep structure; upper mantle; Moho; mid-lithosphere discontinuity (MLD)

For citation: Goev A. G., Dokukina K. A. The upper mantle structure of the Kola region from new seismological data. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 10. P. 134–140. doi: 10.17076/geo2245

Funding. The work was funded within the state-ordered research theme of the Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics RAS (project no. 125012200561-3) and the Geological Institute RAS (project no. FMMG-2023-0007).

Несмотря на то, что Кольский регион (северо-восточная часть Фенноскандинавского щита Восточно-Европейского кратона) активно исследовался сейсмическими методами и является одним из наиболее изученных в РФ, имеющиеся к настоящему моменту данные опираются преимущественно на результаты сейсмопрофилирования и практически не включают современные исследования пассивной сейсмологии [Sharov, Lebedev, 2022]. Для всего Кольско-Карельского региона известны только две локальные работы, выполненные на основе метода функций приемника [Dricker et al., 1996; Meshcheryakova et al., 2022]. Такая ситуация сложилась во многом из-за отсутствия в регионе развитой широкополосной площадной сейсмической сети.

Начиная с 2020 года, в регионе проводится эксперимент по созданию площадной регистрирующей системы за счет установки четырех новых сейсмостанций в промежутке между уже имеющимися в регионе станциями Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН на востоке и станциями международных агентств на западе (рис. 1). Обработка данных полученной таким образом сети позволяет охарактеризовать кинематические параметры литосферы этого важнейшего региона на современном уровне с применением актуальных пассивных методов, таких как метод функций приемника.

Кольско-Карельский палеоконтинент представляет собой мезо-неоархейский сегмент Восточно-Европейского кратона, который впоследствии был тектонически раздроблен и частично перекрыт палеопротерозойскими осадочно-вулканическими комплексами [Patchett et al., 1987; Bogdanova et al., 2005, 2008; Mints et al., 2015] и входит в состав Лапландско-Среднерусско-Южно-Балтийского орогена. Архейская кора изучаемой территории была подвергнута мощному воздействию в палеопротерозое с формированием Печенга-Имандра-Варзугского вулканогенно-осадочного пояса (палеорифта) и выдвижением покровов Лапландско-Кольского глубинного надвига на поздних стадиях развития орогена. Формирование линейных палеопротерозойских вулканогенно-осадочных поясов интерпретируется исследователями по-разному: (1) в рамках моделей эволюции субдукционно-коллизионного типа (см., например, [Berthelsen, Marker, 1986]) или (2) моделей внутриконтинентальной эволюции, связанной с импульсами мантийно-плюмовой активности и формированием рифтов [Melezhik et al., 2012; Mints et al., 2015]. Большинство исследователей палеопротерозойской истории Кольско-Карельского региона сходятся в том, что, начиная с раннего палеопротерозоя ~ 2,5 млрд лет и вплоть до 1,92 млрд лет, эта территория, а также смежные территории Карелии, Финляндии и Норвегии испытывали длительное прогибание и рифтогенез под воздействием поднятия мантийного суперплюма [Bogdanova et al., 2005; Sharkov, 2010; Mints et al., 2015]. Мощное и длительное влияние палеопротерозойского суперплюма под архейским континентом дает возможность обнаруживать его следы геологическими методами в коре и геофизическими методами в верхней мантии.

Одним из эффективных способов восстановления кинематических характеристик литосферы является метод функций приемника [Винник, 2019]. Он предполагает анализ обменных волн, возникающих на сейсмических границах в земной коре и верхней мантии

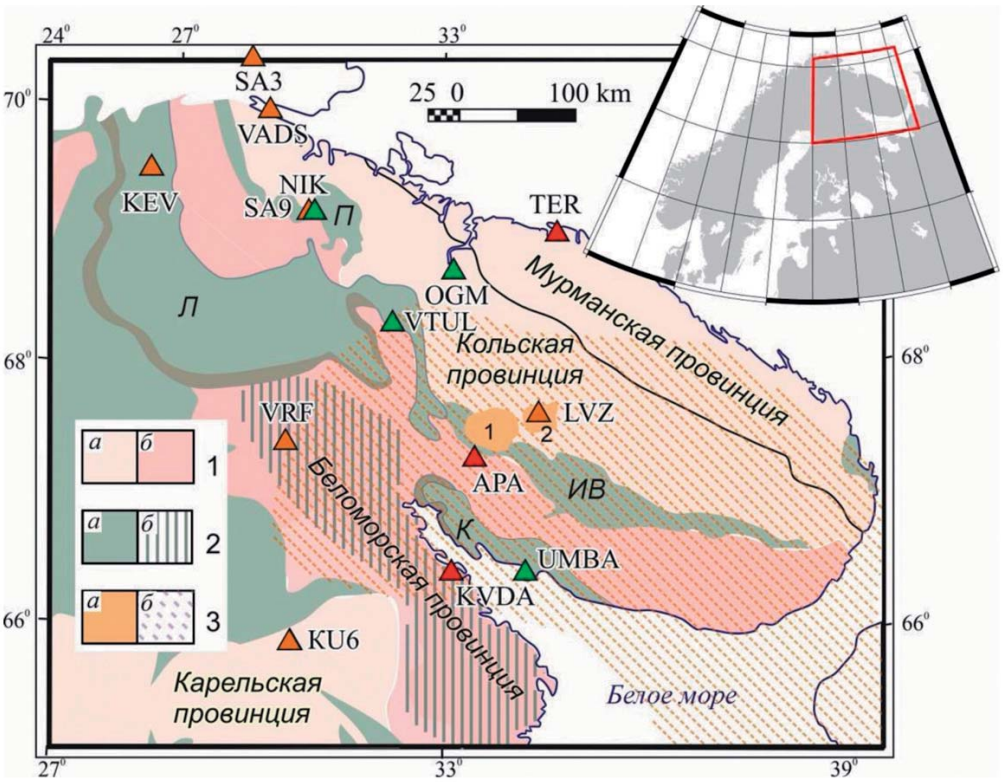


Рис. 1. Упрощенная тектоническая схема северной части Фенноскандинавского щита с указанием основных архейско-палеопротерозойских доменов (с использованием материалов [Mints et al., 2015; Балаганский, 2026]):

1. Архейские комплексы: а) без влияния палеопротерозойской тектоно-термальной переработки, б) переработанные в палеопротерозое. 2. Палеопротерозойские комплексы: а) вулканогенно-осадочные и гранулито-гнейсовые области; б) ареал развития малых ультрамафит-мафитовых интрузий; 3. Кольская палеозойская щелочная провинция: а) крупные массивы (1 – Хибины, 2 – Ловозерский), б) – небольшие интрузивные тела, дайки и кимберлитовые трубки (по: [Арзамасцев и др., 2001]). Буквенные обозначения: осадочно-вулканогенные пояса: П – Печенга, ИВ – Имандра-Варзуга; гранулито-гнейсовые пояса: Л – Лапландский, К – Колвицкий. Оранжевыми треугольниками показаны сейсмические станции международных служб; красными – Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН; зелеными – станции, установленные в рамках эксперимента по изучению Кольского региона

Fig. 1. Simplified schematic tectonic map of the northern part of the Fennoscandian Shield showing the main Archean–Paleoproterozoic domains (based on materials from [Mints et al., 2015; Balagansky, 2026]):

1. Archean complexes: a) unaffected by the Paleoproterozoic tectono-thermal events, б) changed during the Paleoproterozoic. 2. Paleoproterozoic complexes: a) volcanogenic-sedimentary and granulite-gneiss domains; б) area of occurrence of small ultramafic-mafic intrusions; 3. Kola Paleozoic alkaline province: a) large massifs (1 – Khibiny, 2 – Lovozero), б) small intrusive bodies, dikes, and kimberlite pipes (after [Arzamastsev et al., 2001]). Letter designations: sedimentary-volcanogenic belts: П – Pechenga, ИВ – Imandra-Varzuga; granulite-gneiss belts: Л – Lapland, К – Kolvitsky. The orange triangles indicate seismic stations of international services; red triangles – stations of the Kola Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (GS RAS); green triangles – stations installed as part of the experiment for the Kola region study

в непосредственной близости от станции при прохождении через них P- и S волн от сильных (M > 5,5) землетрясений на телесейсмических расстояниях (35°–100°) по данным каждой из сейсмических станций. Восстановление глубинного строения проводится на основе совместной инверсии PRF (суммарной сейсмограммы обменных Ps волн) и SRF (обменные Sp волны) с применением алгоритма Левенберга-Марквардта для решения обратной задачи [Press et al., 2007]. Среда представляется 14 слоями, свободными параметрами в которых являются Vs, Vp/Vs и мощность каждого слоя. Подробно примененная методика инверсии описана в [Алешин, 2021]. Получаемый таким образом скоростной разрез характеризуется высокой чувствительностью к значениям глубин сейсмических границ и локализацией результатов в окрестности мест установки станций.

В результате применения метода функций приемника для каждой из станций широкополосной сейсмической сети были получены скоростные модели земной коры и верхней мантии до глубин около 300 км. По данным пяти сейсмостанций (KEV, VTUL, KVDA, UMBA, KU6), установленных в западной и северо-западной частях изученного региона, коро-мантийный переход имеет градиентное строение, представленное постепенным увеличением скоростей Vs (в интервале глубин 33–60 км). На остальных станциях граница Мохо резкая и фиксируется на глубинах от 35 до 44 км.

Сложное строение коро-мантийного перехода в северо-западной части региона ранее было выявлено также и по данным активных сейсмических экспериментов POLAR, HUKKA и FIRE-4 [Janik et al., 2009]. Совместный анализ отраженных и преломленных волн, а также данных вертикального отражения показал расхождение оценок глубин границы Мохо. Полученные значения варьируются от 40–24 до 47–50 км по разным группам данных. Таким образом, невязка значений составляет 5–8 км в отдельных частях профилей. Авторы связывают это расхождение с наличием нескольких сейсмических и петрофизических границ в нижней коре и верхней мантии. В центральной части профиля POLAR верхняя из этих границ интерпретируется как кровля крупного эклогитизированного тела, которое может быть сохранившимся корнем Лапландско-Кольского орогена, тогда как петрофизическая граница кора–мантия может располагаться существенно глубже. Эти выводы находятся в хорошем согласии с нашими оценками.

По полученным нами данным, мантия также имеет гетерогенное строение. Одни станции (APA, LVZ, NIK, VRF) фиксируют слой пониженных скоростей MLD (mid-lithosphere discontinuity [Thybo, Perchuc, 1997]) в диапазонах глубин 70–140 км. Другие станции (KEV, KU6, OGM, TER, VADS) демонстрируют его полное отсутствие или, как станция UMBA, понижение скорости на неожиданно больших глубинах ~210 км. Несколько станций (KVDA, SA3, VTUL) продемонстрировали две области понижения скоростей на глубинах 90–160 и 170–250 км.

Выявленные нами особенности строения верхней мантии северо-восточной части Фенноскандинавского щита находятся в хорошем согласии с ранее известными данными. Так, отрицательная граница, которая маркирует кровлю MLD, была ранее обнаружена на глубине около 100 км по данным сверхдлинных профилей глубинного сейсмического зондирования как в западной части региона (по профилю «Fennolora» [Thybo, Perchuc, 1997]), так и на Кольском п-ове (по профилю «Кварц» [Morozova et al., 1999]). Кроме того, слой пониженных скоростей на глубинах около 100–150 км был выявлен в Северной Финляндии по данным сейсмической томографии [Silvennoinen et al., 2016]. Обнаружение этого слоя тремя различными методами по разным типам сейсмических волн свидетельствует о надежности полученного результата. Кроме того, это свидетельствует в пользу вещественной природы выявленного слоя MLD, а не азимутальной и/или радиальной анизотропией, вызванной изменением ориентации больших объемов оливина.

Для визуализации полученных нами оценок структуры литосферы был выбран условный интервал скоростей Vs в диапазоне 4,60–4,65 км/с (такие скорости отвечают приблизительно средним значениям по полученным моделям) и построены эмпирические профили через отдельные станции (рис. 2). На профилях и картах хорошо видно, как относительно низкоскоростные и высокоскоростные слои чередуются и перемешиваются друг с другом. Высокоскоростной слой в районе станций VTUL и VRF поднимается практически на уровень границы Мохо, нарушая непрерывность слоя MLD. На уровне ~ 175 км высокоскоростной слой испытывает расширение и занимает практически все пространство изучаемой территории, тогда как ниже на глубинах ~ 200 км опять появляются фрагменты относительно низкоскоростного слоя. Согласно полученным новым моделям, выявляется структура, где высокоскоростной слой поднимается к верхним слоям мантии и разрывает, деформирует и «притапливает» вышележащий низкоскоростной слой. Такая структура похожа на эволюционные модели взаимодействия литосферы кратона и плюмового процесса, представленные в работах [Shi et al., 2021; Lavecchia et al., 2025].

Выявленное сложное гетерогенное строение литосферы, вероятно, является следами взаимодействия архейской литосферы и мантийного палеопротерозойского плюма. Палеопротерозойский возраст и состав нижней коры и верхней мантии фиксируются нижнекоровыми и мантийными ксенолитами палеопротерозойского возраста в девонских трубках и дайках по берегам и островам Кандалакшского залива Белого моря [Vetrin et al., 2006]. В тех же дайках и трубках изучены ксенолиты метасоматизированной мантии (шпинелевые лерцолиты и верлиты), характеризующие фертильные составы мантии [Beard et al., 2007]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в современной

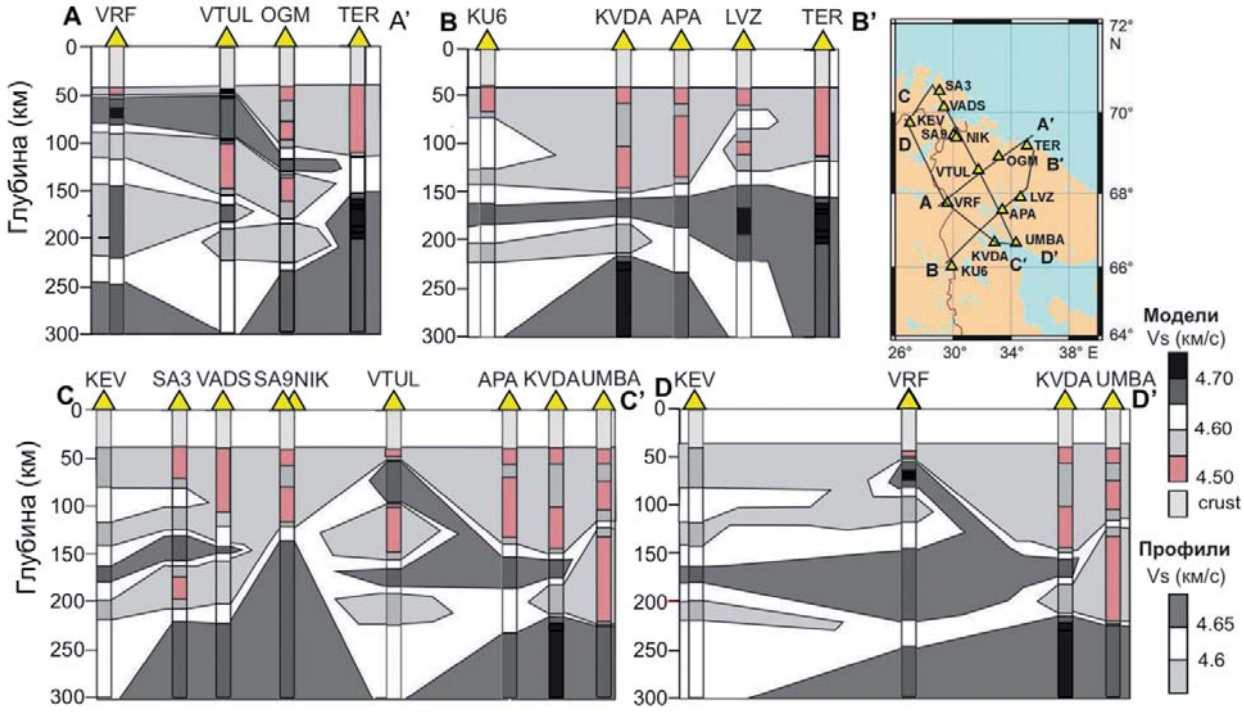


Рис. 2. Одномерные скоростные графические модели, полученные методом функций приемника для каждой станции, и двумерные эмпирические профили. На карте показано положение сейсмических станций (треугольники) и линии профилей

Fig. 2. One-dimensional velocity models obtained using the receiver function method for each station, and two-dimensional empirical profiles. The map shows the locations of the seismic stations (triangles) and the profile lines

структуре верхней мантии древних кратонов могут сохраняться следы тектонических процессов ранних этапов их формирования и эти особенности могут быть выявлены геофизическими методами. Развитие такого рода исследований на других кратонах, вероятно, позволит выявить новые детали докембрийской эволюции Земли.

Литература

Алешин И. М. Построение решения обратной задачи по ансамблю моделей на примере инверсии приемных функций // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 496, № 1. С. 63–66.

Арзамасцев А. А., Беа Ф., Глазнев В. Н., Арзамасцева Л. В., Монтеро П. Кольская щелочная провинция в палеозое: оценка состава первичных мантийных расплавов и условий магмогенерации // Российский журнал наук о Земле. 2001. Т. 3, № 1. С. 1–32.

Балаганский В. В. Ранний докембрий Кольского региона (северо-восток Фенноскандинавского щита) // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 2. С. 45–72. doi: 10.17076/geo2258

Винник Л. П. Сейсмология приемных функций // Физика Земли. 2019. № 1. С. 16–27. doi: 10.31857/S0002333720191162–27

Beard A. D., Downes H., Mason P. R. D., Vetrin V. R. Depletion and enrichment processes in the lithospheric mantle beneath the Kola Peninsula (Russia): evidence from spinel lherzolite and wehrlite xenoliths // Lithos. 2007. Vol. 94, no. 1–4. P. 1–24. doi: 10.1016/j.lithos.2006.02.002.

Berthelsen A., Marker M. Tectonics of the Kola collision suture and adjacent Archean and Early Proterozoic terrains in the northeastern region of the Baltic Shield. Part 1 // Tectonophysics. 1986. Vol. 126. P. 31–55.

Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatschev R., Kheraskova T. N., Kozlov V. I., Puchkov V. N., Volozh Yu. A. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Precambrian Research. 2008. Vol. 160. P. 23–45. doi: 10.1016/j.precamres.2007.04.024

Bogdanova S. V., Gorbatschev R., Garetsky R. G. Europe/East European Craton // Encyclopedia of Geology. Vol. 2 / Eds. R. C. Selley, L. R. M. Cocks, I. R. Plimer. Amsterdam: Elsevier, 2005. P. 34–49.

Dricker I. G., Roecker S. W., Kosarev G. L., Vinnik L. P. Shear-wave velocity structure of the crust and upper mantle beneath the Kola Peninsula // Geophysical Research Letters. 1996. Vol. 23, no. 23. P. 3389–3392.

Janik T., Kozlovskaya E., Heikkinen P., Yliniemi J., Silvennoinen H. Evidence for preservation of crustal root beneath the Proterozoic Lapland-Kola orogen (northern Fennoscandian Shield) derived from P and S wave velocity models of POLAR and HUKKA wide-angle reflection and refraction profiles and FIRE4 reflection transect // J. Geophys. Res. 2009. Vol. 114. B06308. doi: 10.1029/2008JB005689

Lavecchia A., Kovács I., Koptev A., Cloetingh S. Plume-lithosphere interaction and the role of the mid-lithospheric discontinuity in craton delamination // Geophysical Research Letters. 2025. Vol. 52. Article e2025GL116938. doi: 10.1029/2025GL116938

Meshcheryakova A.A., Slabunov A.I., Vaganova N.V., Rychanchik M.D. Architecture of the subcontinental lithospheric mantle of the Archean segment of the Fennoscandian Shield: analysis of seismic data // Tectonophysics. 2022. Vol. 841. Article 229541. doi: 10.1016/j.tecto.2022.229541

Mints M.V., Dokukina K.A., Konilov A.N., Philippova I.B., Zlobin V.L., Babayants P.S., Belousova E.A., Blokh Y.I., Bogina M.M., Bush W.A., Dokukin P.A., Kaulina T.V., Natapov L.M., Piip V.B., Stupak V.M., Suleimanov A.K., Trusov A.A., Van K.V., Zamozhniaya N.G. East European Craton: Early Precambrian history and 3D models of deep crustal structure. Boulder, Colorado: Geological Society of America, 2015. 433 p. (Geological Society of America Special Paper; Vol. 510). doi: 10.1130/2015.2510

Morozova E.A., Morozov I.B., Smithson S.B., Solodilov L.N. Heterogeneity of the uppermost mantle beneath Russian Eurasia from the ultralong-range profile "Quartz" // Journal of Geophysical Research. 1999. Vol. 104, no. B9. P. 20329–20348.

Patchett P.J., Todt W., Gorbatschev R. Origin of continental crust of 1.9–1.7 Ga age: Nd isotopes in the Svecofennian orogenic terrains of Sweden // Precambrian Research. 1987. Vol. 35. P. 145–160. doi: 10.1016/0301-9268(87)90050-7

Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., Flannery B.P. Numerical recipes: the art of scientific computing. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, 2007.

Reading the archive of Earth's oxygenation. Vol. 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project / Eds. V.A. Melezhik, A.R. Prave, A.E. Fallick, A. Lepland, L.R. Kump, H. Strauss. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. 490 p.

Sharkov E.V. Middle-Proterozoic anorthosite-rapakivi granite complexes: An example of within-plate magmatism in abnormally thick crust: Evidence from the East European Craton // Precambrian Research. 2010. Vol. 183. P. 689–700. doi: 10.1016/j.precamres.2010.08.008

Sharov N.V., Lebedev A.A. Heterogeneous lithospheric structure of the Fennoscandian Shield: seismic data // Geodynamics & Tectonophysics. 2022. Vol. 13, no. 1. Article 0569. doi: 10.5800/GT-2022-13-1-0569

Shi Y.-N., Li Z.-H., Chen L., Morgan J.P. Connection between a subcontinental plume and the mid-lithospheric discontinuity leads to fast and intense craton lithospheric thinning // Tectonics. 2021. Vol. 40. Article e2021TC006711. doi: 10.1029/2021TC006711

Silvennoinen H., Kozlovskaya E., Kissling E. POLENET/LAPNET teleseismic P wave travel time tomography model of the upper mantle beneath northern Fennoscandia // Solid Earth. 2016. Vol. 7, no. 2. P. 425–439. doi: 10.5194/se-7-425-2016

Thybo H., Perchuć E. The seismic 8° discontinuity and partial melting in continental mantle // Science. 1997. Vol. 275. P. 1626–1629. doi: 10.1126/science.275.5306.1626

Vetrin V.R. Composition and structure of the lower crust of the Belomorian Mobile Belt, Baltic Shield // Petrology. 2006. Vol. 14, no. 4. P. 390–412. doi: 10.1134/S0869591106040047

References

Aleshin I.M. Solving the seismic inverse problem using an ensemble of models: a case study of inversion of receiver functions. *Doklady Rossiiskoi akademii nauk = Doklady Earth Sciences.* 2021;496(1):60–62. (In Russ.). doi: 10.1134/S1028334X21010049

Arzamastsev A.A., Bea F., Glaznev V.N., Arzamastseva L.V., Montero P. Kola alkaline province in the Paleozoic: evaluation of primary mantle magma composition and magma generation conditions. *Rossiiskii zhurnal nauk o Zemle = Russian Journal of Earth Sciences.* 2001;3(1):1–32. (In Russ.). doi: 10.2205/2001ES000054

Balagansky V.V. Early Precambrian in the Kola region (northeastern Fennoscandian Shield). *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS.* 2026;2:45–72. (In Russ.). doi: 10.17076/geo2258

Beard A.D., Downes H., Mason P.R.D., Vetrin V.R. Depletion and enrichment processes in the lithospheric mantle beneath the Kola Peninsula (Russia): evidence from spinel lherzolite and wehrlite xenoliths. *Lithos*. 2007;94(1–4):1–24. doi: 10.1016/j.lithos.2006.02.002

Berthelsen A., Marker M. Tectonics of the Kola collision suture and adjacent Archean and Early Proterozoic terrains in the northeastern region of the Baltic Shield. Part 1. *Tectonophysics.* 1986;126:31–55.

Bogdanova S.V., Bingen B., Gorbatschev R., Kheraskova T.N., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Volozh Yu. A. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia. *Precambrian Research*. 2008;160:23–45. doi: 10.1016/j.precamres.2007.04.024

Bogdanova S.V., Gorbatschev R., Garetsky R.G. Europe/East European Craton. Encyclopedia of Geology. Vol. 2. Amsterdam: Elsevier; 2005. P. 34–49.

Dricker I.G., Roecker S.W., Kosarev G.L., Vinnik L.P. Shear-wave velocity structure of the crust and upper mantle beneath the Kola Peninsula. *Geophysical Research Letters*. 1996;23(23):3389–3392.

Janik T., Kozlovskaya E., Heikkinen P., Yliniemi J., Silvennoinen H. Evidence for preservation of crustal root beneath the Proterozoic Lapland-Kola orogen (northern Fennoscandian Shield) derived from P and S wave velocity models of POLAR and HUKKA wide-angle reflection and refraction profiles and FIRE4 reflection transect. *J. Geophys. Res.* 2009;114:B06308. doi:10.1029/2008JB005689

Lavecchia A., Kovács I., Koptev A., Cloetingh S. Plume-lithosphere interaction and the role of the mid-lithospheric discontinuity in craton delamination. *Geophysical Research Letters.* 2025;52:e2025GL116938. doi: 10.1029/2025GL116938

Melezhik V.A., Prave A.R., Fallick A.E., Lepland A., Kump L.R., Strauss H. (eds.). Reading the archive of Earth's oxygenation. Vol. 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as context for the Fennoscandian Arctic

Russia – Drilling Early Earth Project. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag; 2012. 490 p.

Meshcheryakova A. A., Slabunov A. I., Vaganova N. V., Rychanchik M. D. Architecture of the subcontinental lithospheric mantle of the Archean segment of the Fennoscandian Shield: analysis of seismic data. *Tectonophysics*. 2022;841:229541. doi: 10.1016/j.tecto.2022.229541

Mints M. V., Dokukina K. A., Konilov A. N., Philippova I. B., Zlobin V. L., Babayants P. S., Belousova E. A., Blokh Y. I., Bogina M. M., Bush W. A., Dokukin P. A., Kaulina T. V., Natapov L. M., Piip V. B., Stupak V. M., Suleimanov A. K., Trusov A. A., Van K. V., Zamozhniaya N. G. East European Craton: Early Precambrian history and 3D models of deep crustal structure. Boulder, Colorado: Geological Society of America, 2015. 433 p. (Geological Society of America Special Paper; Vol. 510). doi: 10.1130/2015.2510

Morozova E. A., Morozov I. B., Smithson S. B., Solodilov L. N. Heterogeneity of the uppermost mantle beneath Russian Eurasia from the ultralong-range profile "Quartz". *Journal of Geophysical Research*. 1999;104 (B9):20329–20348.

Patchett P. J., Todt W., Gorbatschev R. Origin of continental crust of 1.9–1.7 Ga age: Nd isotopes in the Svecofennian orogenic terrains of Sweden. *Precambrian Research*. 1987;35:145–160. doi: 10.1016/0301-9268(87)90050-7

Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P. Numerical recipes: the art of scientific computing. 3rd ed. New York: Cambridge University Press; 2007.

Sharkov E. V. Middle-Proterozoic anorthosite-rapakivi granite complexes: An example of within-plate magmatism in abnormally thick crust: Evidence from the East European Craton. *Precambrian Research*. 2010;183:689–700. doi: 10.1016/j.precamres.2010.08.008

Sharov N. V., Lebedev A. A. Heterogeneous lithospheric structure of the Fennoscandian Shield: seismic data. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2022;13 (1):0569. doi: 10.5800/GT-2022-13-1-0569

Shi Y.-N., Li Z.-H., Chen L., Morgan J. P. Connection between a subcontinental plume and the mid-lithospheric discontinuity leads to fast and intense craton lithospheric thinning. *Tectonics.* 2021;40: e2021TC006711. doi: 10.1029/2021TC006711

Silvennoinen H., Kozlovskaya E., Kissling E. POLENET/LAPNET teleseismic P wave travel time tomography model of the upper mantle beneath northern Fennoscandia. *Solid Earth*. 2016;7(2):425–439. doi: 10.5194/se-7-425-2016

Thybo H., Perchuć E. The seismic 8° discontinuity and partial melting in continental mantle. *Science.* 1997;275:1626–1629. doi: 10.1126/science.275.5306.1626

Vetrin V. R. Composition and structure of the lower crust of the Belomorian Mobile Belt, Baltic Shield. *Petrology.* 2006;14(4):390–412. doi: 10.1134/S0869591106040047

Vinnik L. P. Receiver function seismology. *Fizika Zemli = Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2019;55(1):12–21. doi: 10.1134/S1069351319010130

Поступила в редакцию / received: 28.10.2025; принята к публикации / accepted: 09.09.2026.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гоев Андрей Георгиевич
канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник
e-mail: goev@idg.ras.ru

Докукина Ксения Александровна
канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник
e-mail: ksdokukina@gmail.com

CONTRIBUTORS:

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

Dokukina, Ksenia
Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher