

УДК 55 (551.21)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРОЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ АРХЕЙСКОГО И ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОРОГЕНОВ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА

А. И. Слабунов

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

Проведен сравнительный анализ глубинного строения, вещественного состава главных структурно-вещественных комплексов, истории формирования мезо-неоархейского Карело-Беломорско-Кольского и палеопротерозойских Лапландско-Кольского и Свекофеннского орогенов Фенноскандинавского щита. Отмечается, что мощность литосферы в пределах первого из них (архейского) составляет 200–250 км, тогда как во вторых – 150–200 км, при этом в архитектуре их земной коры ведущую роль играют покровно-надвиговые структуры. В интервалах 3,0–2,6 и 2,0–1,65 млрд лет в каждом из них фиксируются проявления спрединга, субдукции, коллизии, мантийных плюмов и общая последовательность событий, сопоставимая с историей становления орогенов в фанерозое. Продолжительность становления рассмотренных архейского и палеопротерозойских орогенов также сходна – около 350 млн лет. Это свидетельствует о том, что геодинамическая природа орогенов архея и палеопротерозоя не отличается между собой и от современных структур этого типа.

Ключевые слова: ороген; архей; палеопротерозой; Свекофеннский ороген; Лапландско-Кольский ороген; Карельский кратон; Фенноскандинавский щит

Для цитирования: Слабунов А. И. Сравнительный анализ строения и эволюции архейского и палеопротерозойских орогенов Фенноскандинавского щита // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 128–131. doi: 10.17076/geo1673

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

A. I. Slabunov. ARCHAEOAN AND PALEOPROTEROZOIC OROGENS OF THE FENNOSCANDIAN SHIELD: COMPARATIVE ANALYSIS OF ARCHITECTURE AND CRUSTAL EVOLUTION

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

Comparative analysis of the structure and mineralogical composition of major structural-mineralogical complexes and the evolution of the Meso-Neoproterozoic Karelian-Belomorian-Kola and the Paleoproterozoic Lapland-Kola and Svecofennian orogens

of the Fennoscandian Shield was performed. It is noted that the lithosphere of the former (Archean) is 200–250 km thick, while the latter is 150–200 km thick. Overlapping-over-thrust structures contribute the most to the Earth's crust architecture of both orogens. Some 3.0–2.6 and 2.0–1.65 Ga ago, each of them displayed spreading, subduction, collision and mantle plumes, and the general sequence of these events is comparable to that of the Phanerozoic. Both the Archean and the Paleoproterozoic orogens formed about 350 Ma. This shows that the Archean and the Paleoproterozoic orogens do not differ in the geodynamic nature from each other and from modern structures of this type.

Keywords: orogen; Archean; Paleoproterozoic; Svecofennian orogen; Lapland-Kola orogen; Karelian Craton; Fennoscandian Shield

For citation: Slabunov A. I. Archean and Paleoproterozoic orogens of the Fennoscandian Shield: comparative analysis of architecture and crustal evolution. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:128–131. doi: 10.17076/geo1673

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

Восточная часть Фенноскандинавского щита включает два архейских кратона (Карельский и Мурманский), разделенных палеопротерозойским коллизионным Лапландско-Кольским орогеном; к Карельскому кратону на западе примыкает палеопротерозойский аккреционный Свекофеннский ороген [Балаганский и др., 2016; Слабунов и др., 2021].

На примере Фенноскандинавского щита можно сопоставить строение (архитектуру), историю формирования, особенности состава важнейших комплексов – индикаторов геодинамических обстановок архейских (3,0–2,6 млрд лет) и палеопротерозойских (2,0–1,65 млрд лет) орогенов.

Важно учитывать, что анализируемые структуры Фенноскандинавского щита в рамках суперконтинентальной цикличности были элементами более крупных геологических образований. Архейское ядро щита – это фрагмент крупного складчатого (орогенного) пояса, сформировавшегося в ходе становления суперконтинентов Кенорленд [Lubnina, Slabunov, 2011], а палеопротерозойские Свекофеннский и Лапландско-Кольский орогены – элементы более крупной структуры в составе суперконтинента Колумбия/Нуна [Lahtinen et al., 2008].

Мощность литосферы в пределах архейской части щита оценивается в 200–250 км [Meshcheryakova et al., 2022], тогда как в пределах палеопротерозойской – в 150–200 км [Artemieva, 2011], при этом в архитектуре земной коры обеих частей ведущую роль играют покровно-надвиговые структуры [Глубинное..., 2010; Слабунов и др., 2010].

Информация об архейском орогене Фенноскандинавского щита содержится в геологиче-

ских образованиях Карельской, Беломорской, Кольской и Мурманской провинций, и, исходя из этого, его можно именовать Карельско-Беломорско-Кольским [Слабунов, 2020]. Становление ювенильной континентальной земной коры в этом орогене начинается около 3,0–2,95 млрд лет в обрамлении древних (3,5–3,2 млрд лет) блоков континентальной литосферы [Слабунов, 2020; Слабунов и др., 2021 и ссылки в них]. В составе орогена известны фрагменты мезоархейской (3,0–2,8 млрд лет) океанической коры типа океанических плато (базальт-коматиитовые ассоциации), супрасубдукционных офиолитов (Серякский, Ириногорский) [Слабунов и др., 2021 и ссылки в ней]. Выделяется четыре главных субдукционно-аккреционных эпизода становления континентальной коры: 3,00–2,94; 2,9–2,85; 2,82–2,78; 2,75–2,72 млрд лет, в ходе которых формируются отдельные террейны [Слабунов, 2020]. Таким образом, продолжительность каждого эпизода – около 30–50 млн лет. Период 2,71–2,68 млрд лет знаменует коллизией Карельского и Кольско-Мурманского блоков (супертеррейнов) с образованием Беломорского коллизионного пояса [Слабунов и др., 2021] и его последующим коллапсом, завершившимся около 2,66 млрд лет. В западной части орогена синхронно с коллизией формируются осадки типа вакки (комплекс Нурмес). Таким образом, общая продолжительность формирования архейского орогена – 340 млн лет (интервал между 3,00–2,66 млрд лет), продолжительность отдельных субдукционно-аккреционных эпизодов – 30–50 млн лет. При формировании орогена реконструируются проявления следующих геодинамических процессов: спрединг, субдукция, коллизия, мантийные плюмы.

Палеопротерозойские Лапландско-Кольский (2,0–1,89 млрд лет) и Свекофеннский (1,95–1,65 млрд лет) орогены хотя и развиваются независимо друг от друга, но являются, как отмечено выше, составляющими единой крупной системы орогенов в составе суперконтинента Колумбия/Нуна [Lahtinen et al., 2008; Балаганский и др., 2016]. Первый из них – это коллизионный ороген [Lahtinen et al., 2008; Балаганский и др., 2016 и ссылки в них], а второй – аккреционный [Балтыбаев, 2013; Nironen, 2017]. Формирование Лапландско-Кольского коллизионного орогена начинается около 2,0 млрд лет с раскола древней континентальной коры и формирования океана красноморского типа. Период 1,96–1,92 млрд лет – это раннеорогенная стадия его развития, когда происходит образование новой (ювенильной) континентальной коры орогена в процессе субдукции. Период 1,93–1,90 (1,89) млрд лет – это коллизионная стадия, сопровождающаяся надвиговой тектоникой [Lahtinen, Nuhma, 2019 и ссылки в ней], утолщением коры и метаморфизмом пород в условиях гранулитовой фации повышенных давлений и температуры, а также эклогитовой [Слабунов и др., 2021 и ссылки в ней]. В период 1,89–1,82 млрд лет происходит разрушение орогена, эксгумация пород нижней и средней коры.

Формированию Свекофеннского аккреционного орогена также предшествовало растяжение края континентальной коры древнего континента (образовавшегося на фундаменте архейского Карельского орогена) и формирование в период 2,0–1,95 млрд лет новой океанической литосферы (ее фрагменты сохранились в виде офиолитов Йормуа, Оутокумпу, Нетто). В период 1,92–1,65 млрд лет происходит формирование новой континентальной коры в процессе субдукции, ее амальгамация и последующая аккреция с архейским кратоном. Рост коры отмечается в ходе по крайней мере четырех субдукционно-аккреционных (коллизионных) событий: 1,92–1,89 млрд лет (саво-лапландская орогенция), 1,87–1,84 млрд лет (феннийская), 1,83–1,80 млрд лет (свекобалтийская) и 1,8–1,65 млрд лет (формирование Трансскандинавского магматического пояса) [Lahtinen et al., 2008; Балтыбаев, 2013; Nironen, 2017]. Прерывистый характер становления континентальной коры Свекофеннского орогена ярко подчеркивается пространственно-временной асимметрией в проявлении высокотемпературного/умеренно-низкобарического метаморфизма: раннесвекофеннского (1,89–1,87 млрд лет) во внешней (северной) зоне, а позднесвекофеннского (1,83–1,79 млрд лет) – во внутренней (южной) зоне [Балтыбаев, 2013].

Общая продолжительность становления палеопротерозойского Лапландско-Кольско-Свекофеннского орогена – 350 млн лет (в интервале 2,00–1,65 млрд лет), хотя наиболее активные его фазы сконцентрированы в узких (40 млн лет) интервалах 1,96–1,92 и 1,93–1,89 млрд лет.

Сравнительный анализ архитектуры земной коры, вещественного состава главных структурно-вещественных комплексов, истории формирования мезо-неоархейского и палеопротерозойского аккреционно-коллизионных орогенных поясов (на примере Карело-Беломорско-Кольского, Лапландско-Кольского и Свекофеннского орогенов Фенноскандинавского щита) показывает, что геологические структуры данного класса за период 3,0–1,65 млрд лет не претерпели кардинальных изменений в закономерностях и основных геодинамических механизмах становления. В это время уже отмечаются проявления спрединга, субдукции, коллизии, мантийных плюмов. Продолжительность становления рассмотренных архейского и палеопротерозойского орогенов также близка – около 350 млн лет.

Таким образом, геодинамические механизмы были сходны для архейских и для палеопротерозойских орогенов. Однако структуры отличаются мощностью литосферы. Этот феномен может быть связан с тем, что древняя (архейская) океаническая литосфера была более мощной, и это приводило к формированию в ходе субдукции более мощной континентальной литосферы. При этом механизмы тектоники литосферных плит на Земле уже действовали в мезоархее.

Литература

Балаганский В. В., Горбунов И. А., Мудрук С. В. Палеопротерозойские Лапландско-Кольский и Свекофеннский орогены (Балтийский щит) // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 3. С. 5–11.

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

Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС. Т. 1 / Ред. А. Ф. Морозов. М.: Геокарт-ГЕОС, 2010. 408 с.

Слабунов А. И. Архейские и палеопротерозойские орогены Фенноскандинавского щита и геодинамика ранней Земли // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Т. 2. Материалы III Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2020. С. 299–302.

Слабунов А. И., Балаганский В. В., Щипанский А. А. Мезоархей-палеопротерозойская эволюция земной коры Беломорской провинции Фенноскандинавского щита и тектоническая позиция эклогитов // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 5. С. 648–675. doi: 10.15372/GiG2021116

Слабунов А. И., Шаров Н. В., Исанина Э. В. и др. Сейсмотомографическая модель земной коры по профилю ГСЗ – ОГТ «Суша-Море» Калевала-Кемь-горло Белого моря // Строение и история развития литосферы. Российские исследования по программе МПГ 2007/2008 / Ред. Ю. Г. Леонов. Т. 4. М.: Paulsen, 2010. С. 291–308.

Artemieva I. The lithosphere. An interdisciplinary approach. Cambridge University Press, 2011. 794 p.

Lahtinen R., Huhma H. A revised geodynamic model for the Lapland-Kola Orogen // Precambrian Res. 2019. Vol. 330. P. 1–19.

Lahtinen R., Garde A., Melezhik V. A. Paleoproterozoic evolution of Fennoscandia and Greenland // Episodes. 2008. Vol. 31, no. 1. P. 20–28.

Lubnina N. V., Slabunov A. I. Reconstruction of the Kenorland supercontinent in the Neoproterozoic based on paleomagnetic and geological data // Moscow University Geology Bulletin. 2011. Vol. 66, no. 4. P. 242–249.

Nironen M. Guide to the geological map of Finland – Bedrock 1:1 000 000 // Bedrock of Finland at the scale 1:1 000 000 – Major stratigraphic units, metamorphism and tectonic evolution. Special paper 60. GSF, 2017. P. 41–76.

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

References

Artemieva I. The lithosphere. An interdisciplinary approach. Cambridge University Press; 2011. 794 p.

Balagansky V. V., Gorbunov I. A., Mudruk S. V. Palaeoproterozoic Lapland-Kola and Svecofennian Orogens (Baltic Shield). Vestnik KNTs RAN. 2016;3(26): 5–11. (In Russ.)

Baltybaev Sh. K. Svecofennian Orogen of the Fennoscandian Shield: Compositional and isotopic zoning and its tectonic interpretation. Geotectonics. 2013;47(6):411–423. (In Russ.)

Morozov A. F. (ed.). Deep structure, evolution and minerals of the Early Precambrian base of the East European Craton: Interpretation of materials on basic profile 1-EB, profiles 4B and TATSEYS. Vol. 1. Moscow: Geomaps-GEOS; 2010. 408 p. (In Russ.)

Lahtinen R., Huhma H. A revised geodynamic model for the Lapland-Kola Orogen. Precambrian Res. 2019;330:1–19.

Lahtinen R., Garde A., Melezhik V. A. Paleoproterozoic evolution of Fennoscandia and Greenland. Episodes. 2008;31(1):20–28.

Lubnina N. V., Slabunov A. I. Reconstruction of the Kenorland supercontinent in the Neoproterozoic based on paleomagnetic and geological data. Moscow University Geology Bulletin. 2011;66(4):242–249.

Meshcheryakova A., Slabunov A., Vaganova N., Rychanchik M. 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

Nironen M. Guide to the geological map of Finland – Bedrock 1:1 000 000. Bedrock of Finland at the scale 1:1 000 000 – Major stratigraphic units, metamorphism and tectonic evolution. Special paper 60. GSF, 2017. P. 41–76.

Slabunov A. I. Archean and Paleoproterozoic orogens of the Fennoscandian Shield and geodynamics of the early Earth. Fundamental problems of tectonics and geodynamics. Vol. 2. Proceedings LII Tectonic meeting. Moscow: GEOS; 2020. P. 299–302. (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 (In Russ.)

Slabunov A. I., Sharov N. V., Isanina E. et al. Seis-motomographic model of crust on the GSZ profile – OGT 'Land-Sea' the Kalevala-Kem-Gorlo of the White Sea. Structure and history of the lithosphere development. Russian researches on the MPG 2007/2008 program. Vol. 4. Moscow: Paulsen; 2010. P. 291–308. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 22.08.2022; принята к публикации / accepted: 25.08.2022.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Слабунов Александр Иванович

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

e-mail: slabunov@krc.karelia.ru

CONTRIBUTOR:

Slabunov, Alexander

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