

УДК 552.4

ЭВОЛЮЦИЯ МАНТИИ ОТ АРХЕЯ К ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЮ: СИНТЕЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНЫХ Nd-ДАННЫХ ДЛЯ МАФИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ ЮГО-ЗАПАДА СИБИРСКОГО КРАТОНА

О. М. Туркина^{1*}, А. Э. Изох¹, Н. Г. Бережная²

¹ Институт геологии и минералогии СО РАН (пр. Академика Коптюга, 3, Новосибирск, Россия, 630090), *turkina@igm.nsc.ru

² ВСЕГЕИ (Средний пр. В.О., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106)

На основании геохимических и изотопных Nd-данных по раннедокембрийским базитам оценена эволюция мантии ЮЗ Сибирского кратона от архея к палеопротерозою. Источники архейских базитов варьировали от слабодеплетированных до примитивно-мантийных, то есть архейская мантия была менее дифференцирована, чем современная. С 2,8–2,7 млрд лет предполагается формирование метасоматически измененной литосферной мантии. Геохимические и изотопные параметры палеопротерозойских базитов отражают увеличение мантийной гетерогенности и формирование долгоживущих обогащенных источников. От архея к палеопротерозою произошла дифференциация мантии по редкоэлементному и изотопному Nd-составу, обусловленная обособлением и локальным метасоматозом субконтинентальной литосферной мантии.

Ключевые слова: мафические породы; мантийные источники; архей; палеопротерозой

Для цитирования: Туркина О. М., Изох А. Э., Бережная Н. Г. Эволюция мантии от архея к палеопротерозою: синтез геохимических и изотопных Nd-данных для мафических ассоциаций юго-запада Сибирского кратона // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 152–155. doi: 10.17076/geo1657

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 20-05-00265).

O. M. Turkina^{1*}, A. E. Izokh¹, N. G. Berezhnaya². MANTLE EVOLUTION FROM ARCHAEN TO PALEOPROTEROZOIC: SYNTHESIS OF GEOCHEMICAL AND Nd ISOTOPIC DATA ON MAFIC ASSOCIATIONS FROM THE SOUTH-WEST SIBERIAN CRATON

¹ Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (3 Acad. Koptuyug Ave., 630090 Novosibirsk, Russia), *turkina@igm.nsc.ru

² VSEGEI (74 Sredny Pr. VO, 199106 St. Petersburg, Russia)

Based on trace element and Nd isotopic data on Early Precambrian mafic rocks, we traced the evolution of the mantle of the SW Siberian Craton from the Archean to the Paleoproterozoic Era. The sources of the Archean mafic rocks varied from weakly depleted to primitive mantle, i.e., the Archean mantle was less differentiated than modern one. Starting from 2.8–2.7 Ga, formation of metasomatically altered lithospheric mantle is assumed. The trace element and isotopic parameters of the Paleoproterozoic mafic rocks reflect an increase in mantle heterogeneity and formation of long-lived enriched sources. The mantle has been differentiating from the Archean towards the Paleoproterozoic in terms of trace element and Nd isotopic composition due to separation and local metasomatism of the subcontinental lithospheric mantle.

Keywords: mafic rocks; mantle sources; Archean; Paleoproterozoic

For citation: Turkina O. M., Izokh A. E., Berezhnaya N. G. Mantle evolution from Archaen to Paleoproterozoic: synthesis of geochemical and Nd isotopic data on mafic associations from the South-West Siberian Craton. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:152–155. doi: 10.17076/geo1657

Funding. The study was funded by Russian Foundation for Basic Research grant #20-05-00265.

Раннедокембрийские породы основного состава являются главным источником информации о составе эволюции мантии во времени. Метабазальты архейских зеленокаменных поясов (ЗКП) характеризуются преимущественно положительными $\varepsilon_{Nd}(t)$, отражающими формирование из деплетированной мантии. В то же время для ряда палеопротерозойских дайковых и интрузивных комплексов установлены отрицательные значения $\varepsilon_{Nd}(t)$, свидетельствующие о вкладе долгоживущих обогащенных источников. Анализ геохимии базальтов ЗКП выявил гетерогенность их мантийных источников, варьирующих от деплетированных до слабообогащенных, однако различия между этими источниками были малы в сравнении с различиями в мантийных источниках современных базальтов спрединговых хребтов (MORB) и океанических островов (OIB). По данным [Condie, 2018], геохимические сигнатуры, присущие обогащенным, деплетированным и гидратированным (преобразованным под действием флюида) мантийным источникам, становятся более отчетливыми у базальтов переходного периода геологической истории от 3 до 2 млрд лет.

Шарыжалгайский выступ ЮЗ Сибирского кратона состоит из гранит-зеленокаменных и гранулитогнейсовых блоков, в которых проявлены два главных этапа базитового магматизма. Мезоархейскому этапу отвечают базальты Онотского (~2,88 млрд лет) и Урикского (~2,8 млрд лет) ЗКП, а неоархейскому – магматические протолиты мафических гранулитов (~2,7–2,66 млрд лет). Палеопротерозойский постколлизийный базитовый магматизм

(1,87–1,84 млрд лет) представлен интрузиями габброноритов, монцодиоритов, габбродолеритами дайковых роев, сосредоточенных преимущественно в Иркутском гранулитовом блоке. В данной работе использована методика анализа характера источников раннедокембрийских базитов Шарыжалгайского выступа, изложенная в [Туркина, 2022], с целью проследить эволюцию мантии юго-запада Сибирского кратона от архея к палеопротерозою.

Среди архейских базитов выделяется три геохимических типа. Первый характеризуется обеднением легкими РЗЭ ($(La/Sm)_n = 0,9–1,1$), отсутствием Nb-минимума ($Nb/Nb^* = 0,9–1,8$) и представлен метабазальтами юга Урикского ЗКП и частью мафических гранулитов. Второй тип – это метабазальты Онотского ЗКП, слабообогащенные легкими РЗЭ ($0,9–1,7$) и обедненные Nb ($Nb/Nb^* = 0,4–0,7$). Третий тип характеризуется различной степенью обогащения легкими РЗЭ ($(La/Sm)_n = 1,1–2,2$), отчетливым обеднением Nb ($Nb/Nb^* = 0,2–0,8$) и включает метабазальты центральной части Урикского ЗКП и большинство мафических гранулитов. Два первых типа имеют $(Nb/Y)_{pm} = 0,6–1,0$, что отвечает слабодеплетированному источнику и согласуется с их положительными $\varepsilon_{Nd}(t)$ от +4,1 до –0,1. Расчетное моделирование показывает возможность образования базитов первого типа из слабодеплетированных до примитивно-мантийных источников, которые вероятно отвечали архейской конвектирующей мантии. Третий тип имеет слабоповышенное $(Nb/Y)_{pm} = 0,8–1,2$, резкое обеднение Nb и $\varepsilon_{Nd}(t)$ от +2,8 до +0,5. Модельными расчетами показана возможность его образования из исходно

деплементированного источника, метасоматизированного под действием расплава из субдущированных базитов, что предполагает генерацию из литосферной мантии. Литосферный мантийный источник наиболее вероятен и для пород второго типа из Онотского ЗКП.

Палеопротерозойские базитовые комплексы включают два контрастных геохимических типа. Первый представлен габброноритами Онотского блока с низкими $(La/Sm)_n$ (1,0–1,4), $(Nb/Y)_{pm}$ (0,7–1,0), слабым обеднением Nb ($Nb/Nb^* = 0,7–1,0$) и $\epsilon_{Nd}(t)$ от –0,7 до –1,4. Второй тип, доминирующий в Иркутском блоке, включает интрузивные монцогаббронориты и монцодиориты, а также габбродолериты. Все эти породы при широком диапазоне Mg# (84–39) имеют общие черты: высокое $(La/Sm)_n = 3,0–5,4$, повышенное $(Nb/Y)_{pm} = 1,2–2,8$, резкое обеднение Nb ($Nb/Nb^* = 0,1–0,6$) и низкие $\epsilon_{Nd}(t)$ от –5,9 до –9,6. Согласно модельным оценкам, источник пород первого типа был слабодеплементирован и сходен с таковым архейских базитов Онотского ЗКП, и его изотопный Nd-состав соответствует эволюции архейской мантии во времени при слабопониженном $^{147}Sm/^{144}Nd$ (~0,19), палеопротерозойские габбронориты унаследуют и слабое обеднение Nb, присущее также мезоархейской литосферной мантии. Все эти данные предполагают литосферный мантийный источник как мезоархейских, так и палеопротерозойских базитов Онотского блока, причем основные характеристики этого источника сложились уже в архее. Как редкоэлементные, так и изотопные характеристики палеопротерозойских базитов Иркутского блока отвечают долгоживущему обогащенному литосферному мантийному источнику. Принципиальная модель его образования – это метасоматоз под действием кислого расплава, образованного, вероятно, из пород субдущирующей плиты, вклад которого оценивается в не менее 10 %. Изотопные параметры данного типа палеопротерозойских базитов требуют снижения $^{147}Sm/^{144}Nd$ до 0,13–0,15, чтобы обеспечить эволюцию изотопного состава неархейской мантии до $\epsilon_{Nd}(t)$ от –5,9 до –9,6.

Выводы

1. Среди мезо-неоархейских базитов Шарыжалгая отсутствуют породы, сопоставимые по геохимии с современными NMORB и OIB. Мантийные источники архейских пород

варьировали от слабодеплементированных до примитивно-мантийных, что согласуется с их изотопными параметрами: $\epsilon_{Nd}(t)$ от 0 до +5,2, то есть архейская как конвектирующая, так и литосферная мантия ЮЗ Сибирского кратона была слабодифференцированной. Мантийные источники архейских метабазитов Шарыжалгая должны быть менее деплементированы в отношении наиболее некогерентных элементов, чем современная DM. С рубежа 2,8–2,7 млрд лет появляются обедненные Nb базиты, что предполагает формирование литосферной мантии, изолированной от конвекции и испытавшей ту или иную форму метасоматоза.

2. Геохимические и изотопные параметры палеопротерозойских базитов Шарыжалгая свидетельствуют о резких различиях мантийных источников и появлении долгоживущих обогащенных мантийных областей к рубежу ~1,86 млрд лет. Обогащенным источником могла быть только литосферная мантия, испытавшая локальное метасоматическое преобразование в архее.

3. От мезо-неоархей к палеопротерозою произошла дифференциация мантии по редкоэлементному и изотопному Nd-составу, обусловленная обособлением субконтинентальной литосферы от конвектирующего слоя и локальным метасоматическим преобразованием ее в архее, что привело к резким различиям в источниках, генерирующих палеопротерозойские мафические магмы.

Литература

Туркина О. М. Анализ характера мантийных источников базитовых ассоциаций на основе геохимических и изотопных Nd-данных // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 148–151. doi: 10.17076/geo1658

Condie K. C. A planet in transition: The onset of plate tectonics on Earth between 3 and 2 Ga? // *Geoscience Frontiers*. 2018. Vol. 9. P. 51–60. doi: 10.1016/j.gsf.2016.09.001

References

Turkina O. M. Analysis of mantle sources for mafic associations on the basis of geochemical and Nd isotopic data. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:148–151. doi: 10.17076/geo1658

Condie K. C. A planet in transition: The onset of plate tectonics on Earth between 3 and 2 Ga? *Geoscience Frontiers*. 2018;9:51–60. doi: 10.1016/j.gsf.2016.09.001

Поступила в редакцию / received: 19.08.2022; принята к публикации / accepted: 01.09.2022.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Туркина Ольга Михайловна

д-р геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник

e-mail: turkina@igm.nsc.ru

Изох Андрей Эмильевич

д-р геол.-мин. наук, главный научный сотрудник

e-mail: izokh@igm.nsc.ru

Бережная Наталия Георгиевна

канд. геол.-мин. наук

e-mail: nataliaber@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Turkina, Olga

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher

Izokh, Andrey

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher

Berezhnaya, Natalia

Cand. Sci. (Geol.-Miner.)