

УДК 552.4

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА МАНТИЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАЗИТОВЫХ АССОЦИАЦИЙ НА ОСНОВЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНЫХ Nd-ДАНЫХ

О. М. Туркина

*Институт геологии и минералогии СО РАН (пр. Академика Колтуга, 3, Новосибирск, Россия, 630090)*

Величины  $(La/Nb)_{pm}$ ,  $(Th/La)_{pm}$ ,  $(La/Sm)_{pm}$ ,  $(Nb/Y)_{pm}$  отношений  $< 1$  в мафических породах отвечают деплетированному мантийному источнику, тогда как аналогичные величины  $\geq 1$  – недеплетированному/обогащенному.  $(La/Nb)_{pm}$  не изменяется при плавлении мантийных перидотитов, Nb-минимум – это характеристика литосферной мантии, метасоматизированной флюидом/расплавом. По изотопному Nd-составу выделяется два источника: 1) деплетированный ( $+\epsilon_{Nd}$ ), который отвечает астеносферной и/или литосферной мантии реститового происхождения; 2) обогащенный ( $-\epsilon_{Nd}$ ) литосферный с пониженным Sm/Nd в результате метасоматоза. Оценки характера мантийных источников мафических пород по их редкоэлементному и изотопному составу могут как коррелировать между собой, так и различаться.

Ключевые слова: мафические породы; редкие элементы; изотопный состав; мантийные источники

Для цитирования: 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

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке темы НИР ИГМ СО РАН.

### O. M. Turkina. ANALYSIS OF MANTLE SOURCES FOR MAFIC ASSOCIATIONS ON THE BASIS OF GEOCHEMICAL AND Nd ISOTOPIC DATA

*Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences  
(3 Acad. Koltuga Ave., 630090 Novosibirsk, Russia)*

The  $(La/Nb)_{pm}$ ,  $(Th/La)_{pm}$ ,  $(La/Sm)_{pm}$ ,  $(Nb/Y)_{pm}$  ratios  $< 1$  in mafic rocks correspond to a depleted mantle source, while  $\geq 1$  corresponds to an undepleted/enriched source.  $(La/Nb)_{pm}$  does not change during melting of mantle peridotites, so the Nd minimum is a characteristic feature of the lithospheric mantle metasomatized by fluid/melt. According to the isotopic Nd composition, there are two mantle sources: (1) depleted ( $+\epsilon_{Nd}$ ), which corresponds to the asthenospheric and/or lithospheric mantle of restite origin, (2) enriched ( $-\epsilon_{Nd}$ ) lithospheric, having a lowered Sm/Nd due to metasomatism. Estimates

of the characteristics of the mantle sources of mafic rocks based on their trace element- and isotopic composition can either correlate with each other or differ.

Keywords: mafic rocks; trace element; isotopic composition; mantle sources

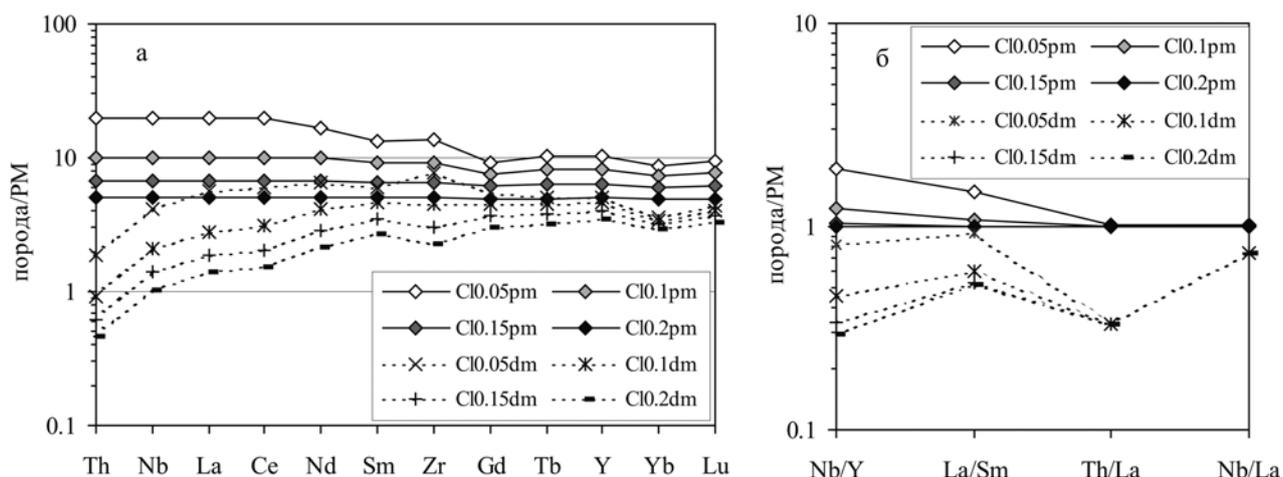
For citation: Turkina O. M. Analysis of mantle sources for mafic associations on the basis of geochemical and Nd isotopic data. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:148–151. doi: 10.17076/geo1658

Funding. The study was funded within state-ordered research theme of the Institute of Geology and Mineralogy SB RAS.

Для суждения о составе мантии и его изменении во времени имеется два источника сведений. Прямую информацию дают перидотитовые ксенолиты из кимберлитовых трубок, но они являются пробами только литосферной мантии преимущественно под древними кратаонами. Косвенными источниками сведений являются мафические магматические породы, которые продуцируются различными мантийными источниками, главным образом литосферной и астеносферной мантией. Преимущество мафических пород для оценки мантийных источников состоит в том, что по ним может быть получен возраст и, следовательно, удастся проследить изменение состава мантии во времени. Их слабая сторона заключается во фракционировании элементов в процессах плавления/кристаллизации, что требует применения особых приемов для реконструкции геохимических характеристик мантийных источников. Важным дополнением к анализу состава мантии служит изотопный состав мафических пород, который тождественен таковому источнику, но в отличие от редкоземельного является долговременной его характеристикой из-за больших периодов полураспада используемых изотопов. В настоящем сообщении приводится анализ возможных индикаторных геохимических параметров, позволяющий оценить характер мантийных источников мафических пород.

В работе [Hofmann, 1997] показано, что отношения сильно несовместимых редких элементов практически не изменяются в процессе плавления, то есть их отношения в базитовых расплавах близки к таковым в мантийных источниках. Это заключение можно продемонстрировать путем расчетного моделирования плавления перидотитов, отвечающих по составу примитивной и деплетированной мантии (рис., а). В первом случае отношения  $(La/Nb)_{pm}$ ,  $(Th/La)_{pm}$ ,  $(La/Sm)_{pm}$  при степени плавления (F) 5–20 % равны примитивно-мантийным, а  $(Nb/Y)_{pm}$  возрастает до 2 при F = 5 %, при плавлении же деплетированного источника

расплав, соответственно, имеет близкие к нему отношения (рис., б). Из этого следует, что  $(La/Nb)_{pm}$ ,  $(Th/La)_{pm}$ ,  $(La/Sm)_{pm}$ ,  $(Nb/Y)_{pm}$  отношения  $< 1$  в мафических породах возможны только при плавлении деплетированного мантийного источника, тогда как значения  $\geq 1$  отвечают недеплетированному или обогащенному источнику. Наиболее информативным является  $(Nb/Y)_{pm}$ , поскольку включает элементы с максимальной разницей в коэффициентах распределения респит/расплав и не фракционирующие в процессах мантийного метасоматоза под действием флюида/расплава. Таким образом, величина  $(Nb/Y)_{pm}$  определяет наклон базовой линии мультиэлементного спектра, проходящей через немобильные элементы, то есть отражает характер мантийного источника. Важно отметить, что плавление мантийных перидотитов не приводит к изменению  $(La/Nb)_{pm}$  из-за отсутствия респитовых фаз, обеспечивающих относительное фракционирование этих элементов, следовательно, наличие Nb-минимума на мультиэлементном спектре мафических пород является характеристикой мантийного субстрата, а именно литосферной мантии, испытавшей метасоматоз под действием флюида/расплава. Наиболее вероятен субдукционно связанный метасоматоз кремнекислым расплавом, образующимся из базитового или пелитового источника при высоком давлении и низкой степени плавления, что обеспечивает присутствие рутила среди респитовых фаз. Следует отметить, что фракционная кристаллизация мафического расплава, повышая концентрации несовместимых элементов, также не приводит к изменению их отношений подобно процессу парциального плавления. То же имеет место и при формировании плутонических мафических пород, которые сложены ассоциацией минералов (кумуляты), отвечающих различной степени кристаллизации магмы, поскольку обычный набор кристаллизующихся фаз (Ol, Орх, Срх, Pl) не вызывает относительного фракционирования рассматриваемых редких элементов [Туркина и др., 2022].



Мультиэлементные спектры (а) и индикаторные отношения элементов (б) для модельных расплавов из примитивно-мантийного ( $Cl_{pm}$ ) и деплетированного ( $Cl_{dm}$ ) мантийного источников при степени плавления от 5 до 20 %

Multi-element spectra (a) and indicator ratios of elements (b) for model melts from primitive mantle ( $Cl_{pm}$ ) and depleted ( $Cl_{dm}$ ) mantle sources at a melting degree from 5 to 20 %

Как отмечалось выше, изотопный Nd-состав мафических пород представляет долговременную характеристику их мантийного источника. Существует два принципиально различных в изотопном плане источника: 1) деплетированный с положительными  $\epsilon_{Nd}$ , который отвечает астеносферной и/или литосферной мантии реститового происхождения; 2) обогащенный с отрицательными  $\epsilon_{Nd}$ , отражающими привнос некогерентных редких элементов и понижение Sm/Nd вследствие метасоматических процессов. Обогащенная мантия отвечает литосферному источнику (субконтинентальной литосфере), которая изолирована от конвектирующей астеносферы и может сохранять долговременное изменение своего редкоэлементного и изотопного состава. Оценки характера мантийных источников мафических пород по их редкоэлементному и изотопному составу могут как коррелировать между собой, так и различаться, в последнем случае обогащение мантийного источника некогерентными редкими элементами непосредственно предшествовало плавлению и не отразилось на его изотопном составе. Образование изотопно-обогащенных мантийных источников может происходить либо задолго до плавления и формирования мафического расплава в результате метасоматоза, сопровождавшегося привнесом наиболее несовместимых редких элементов, либо практически мгновенно при участии в метасоматозе расплава из древних субдуцированных осадков. Выбор между этими

вариантами сложен и неоднозначен и требует привлечения дополнительной информации о геологической истории рассматриваемого региона.

Таким образом, комплексный анализ индикаторных отношений редких элементов позволяет оценить характер мантийных источников (деплетированный/обогащенный) мафических пород, а в сочетании с их изотопными параметрами ограничить время их формирования.

## Литература

- Туркина О. М., Изох А. Э., Лавренчук А. В., Шелепов Я. Ю. Состав и изотопные параметры метабазальтов и габброидов Онотского гранит-зеленокаменного блока (юго-запад Сибирской платформы) как индикаторы эволюции литосферной мантии от архея к палеопротерозою // Петрология. 2022. Т. 30, № 5 (в печати).
- Hofmann A. W. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism // Nature. 1997. Vol. 385. P. 219–229.

## References

- Turkina O. M., Izokh A. E., Lavrenchuk A. V., Shelepov Ya. Yu. Composition and isotope parameters of metabasalts and gabbroids of the Onot Granite-Greenstone Block (Southwest Siberian Platform) as indicators of lithospheric mantle evolution from Archean to Paleoproterozoic. *Petrologiya = Petrology*. 2022;30(5) (in press). (In Russ.)
- Hofmann A. W. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. *Nature*. 1997;385:219–229.

*Поступила в редакцию / received: 19.08.2022; принята к публикации / accepted: 24.08.2022.  
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:**

**Туркина Ольга Михайловна**

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

*e-mail: turkina@igm.nsc.ru*

**CONTRIBUTOR:**

**Turkina, Olga**

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