

УДК 553.491:550.42: 549.514.81(574.511)

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА ЦИРКОНОВ ТАЛНАХСКОГО ПРОМЫШЛЕННО-РУДОНОСНОГО ИНТРУЗИВА НОРИЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ: ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ

И. Ю. Баданина^{1,*}, Е. А. Белоусова², К. Н. Малич¹, С. Ф. Служеникин³

Представлено академиком РАН Н.Л. Добрецовым 15.10.2018 г.

Поступило 07.11.2018 г.

Впервые охарактеризованы особенности изотопного состава кислорода ($\delta^{18}\text{O}$) цирконов Талнахского промышленно-рудноносного интрузива Норильской провинции. Цирконы из габбро-диоритов, габброидов расслоенной серии и плагиоверлитов характеризуются близкими средними значениями $\delta^{18}\text{O}$ ($5,39 \pm 0,48\%$, $5,63 \pm 0,48\%$ и $5,28 \pm 0,34\%$ соответственно), которые отличаются от $\delta^{18}\text{O}$ сульфидсодержащих меланотроктолитов с такситовой текстурой в нижней части интрузива ($6,50 \pm 0,98\%$). Полученные результаты по изотопии кислорода свидетельствуют о (i) мантийном происхождении первичных магм, родоначальных для Талнахского интрузива, и (ii) участии корового компонента при формировании рудоносных пород такситового горизонта.

Ключевые слова: циркон, изотопный состав кислорода, мантийные магмы, Талнахский промышленно-рудноносный интрузив, Норильская провинция, Россия.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524892170-173>

Несмотря на длительное изучение ультрамафит-мафитовых интрузивов Норильской провинции, с которыми ассоциируют различные по масштабу комплексные сульфидные платиноидно-медно-никелевые месторождения, проблемы генезиса их пород и руд трактуются различно ([1, 2, 5, 7, 10, 13] и др.). Циркон как инертный минерал обладает уникальной особенностью сохранять изотопно-геохимические метки наиболее ранних событий (U–Pb-возраст, изотопные Lu–Hf- и O-системы), относящихся ко времени образования пород и их вещественных источников. Детальное изучение морфологии и внутреннего строения цирконов промышленно-рудноносных интрузивов Норильской провинции и аналитические методы геохимического и изотопного анализа *in situ* обеспечили новую информацию относительно длительности образования и происхождения пород Хараелахского, Талнахского и Норильского интрузивов [3, 4, 9, 10]. Вместе с тем данные изотопного состава кислорода в цирконе, являющиеся ключевыми для более строгой оценки вещественного источника, не были ранее исполь-

зованы при изучении интрузивов “норильского типа”. Чтобы восполнить этот пробел, нами впервые обсуждаются результаты изотопного состава кислорода (71 анализ) в цирконах Талнахского интрузива, с которым связано одноимённое уникальное платиноидно-медно-никелевое месторождение с вкрапленными рудами в нижней части интрузива, массивными и прожилково-вкрапленными рудами в нижнем экзоконтакте (рис. 1). Полученные результаты свидетельствуют о мантийном происхождении первичных магм, родоначальных для интрузивов “норильского типа”, и об участии корового компонента при формировании сульфидсодержащих пород.

Цирконы из пород Талнахского интрузива были изучены по разрезу скважины ОУГ-2, состоящей из (сверху вниз, рис. 1) габбро-диоритов (обр. Т-1, Т-2), базальтоидного габбро (обр. Т-5), оливинсодержащего габбро (обр. Т-6 и Т-8), оливинового габбро (обр. Т-10 и Т-12), сульфидсодержащих плагиоверлитов (обр. Т-13) и подстилающих их сульфидсодержащих меланотроктолитов в составе “такситового горизонта” (обр. Т-16). Особенности внутреннего строения цирконов, характер распределения в них тория, урана и редкоземельных элементов, а также изотопные U–Pb- и Lu–Hf-результаты приведены ранее [4, 10].

Определение изотопного состава кислорода в цирконе выполнено на мультиколлекторном ион-

¹ Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург

² Macquarie University, Sydney, Australia

³ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, Москва

*E-mail: innabadanina@yandex.ru

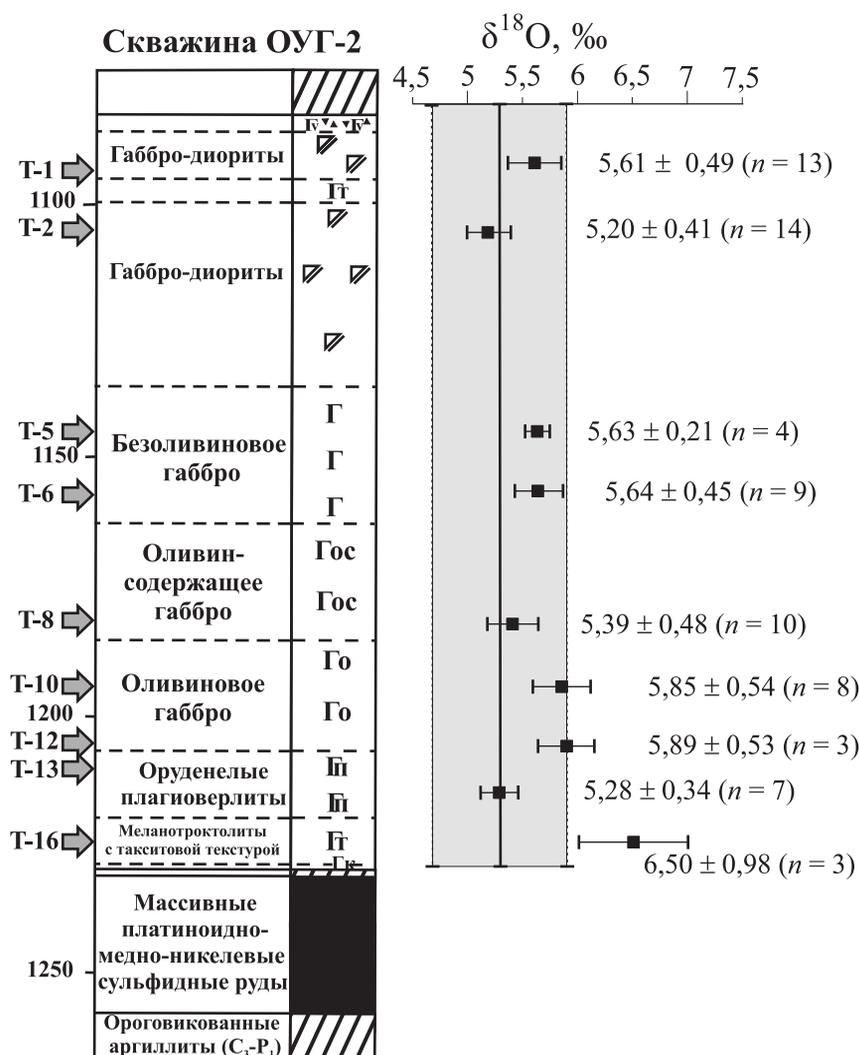


Рис. 1. Вариации изотопного состава кислорода циркона в породах Талнахского интрузива (скв. ОУГ-2). Область серого цвета соответствует вариациям изотопного состава кислорода цирконов мантийных магм ($\delta^{18}\text{O} = 5,3 \pm 0,6\text{‰}$ [6, 15]).

ном микрозонде “Самса” IMS1280 HR2, расположенном в Центре микроскопии, характеристики и анализа (СМСА) Университета Западной Австралии, по методике, детально охарактеризованной в [11, 12].

При анализе первичный пучок ионов Cs⁺ с ускоряющим напряжением 20 кэВ и интенсивностью 3 нА был сфокусирован на площади образца диаметром 15 мкм. Каждый анализ состоял из 15 10-секундных циклов измерения, что обеспечивало воспроизводимость на уровне 0,2‰. Инструментальное масс-фракционирование было скорректировано при использовании стандарта Темора II ($\delta^{18}\text{O} = 8,2\text{‰}$) в соответствии с процедурой, приведённой в [8]. Результаты изотопного состава кислорода представлены в промилле относительно международного стандарта Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW):

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{образца}} = \left[\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{образца}} : \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{VSMOW}} - 1 \right] \times 1000.$$

Разброс значений $\delta^{18}\text{O}$ цирконов для всей проанализированной выборки Талнахского интрузива изменяется в пределах от 4,59 до 7,61 (табл. 1). При этом цирконы из габбро-диоритов (обр. Т-1 и Т-2), габброидов расслоенной серии (обр. Т-5, Т-6, Т-8, Т-10 и Т-12) и плагиоверлитов (обр. Т-13) характеризуются сходными вариациями $\delta^{18}\text{O}$ (4,59–6,44‰, 4,74–6,41‰ и 4,85–5,81‰ соответственно) и близкими средними значениями $\delta^{18}\text{O}$ ($5,39 \pm 0,49\text{‰}$ ($n = 27$), $5,64 \pm 0,48\text{‰}$ ($n = 34$) и $5,28 \pm 0,34\text{‰}$ ($n = 7$), табл. 1). Цирконы сульфидсодержащих меланотроктолитов с такситовой текстурой в нижней части интрузива (обр. Т-16) характеризуются наиболее тяжёлыми значениями $\delta^{18}\text{O}$ ($5,77$ – $7,61\text{‰}$, среднее $6,50 \pm 0,98\text{‰}$, $n = 3$).

Таблица 1. Сравнительная характеристика изотопного состава кислорода ($\delta^{18}\text{O}$, ‰) цирконов в породах Талнахского интрузива

Номер образца	Название породы	Среднее	СКВО	Минимум	Максимум	Количество измерений
T-1	Габбро-диорит	5,61	0,49	4,59	6,44	13
T-2	Габбро-диорит	5,20	0,41	4,65	5,97	14
T-1, T-2	Габбро-диорит	5,39	0,49	4,59	6,44	27
T-5	Безоливиновое габбро	5,63	0,21	5,35	5,78	4
T-6	Оливинсодержащее габбро	5,64	0,45	4,74	6,08	9
T-8	Оливинсодержащее габбро	5,39	0,48	4,76	6,21	10
T-10	Оливиновое габбро	5,85	0,54	4,81	6,40	8
T-12	Оливиновое габбро	5,89	0,53	5,35	6,41	3
T-5, T-6, T-8, T-10, T-12	Габброиды расслоенной серии	5,64	0,48	4,74	6,41	34
T-13	Плагиоверлит	5,28	0,34	4,85	5,81	7
T-16	Меланотроктолит	6,50	0,98	5,77	7,61	3

Примечание. СКВО — среднеквадратичное отклонение, минимум — минимальное значение, максимум — максимальное значение.

Считается, что мантийные магмы и цирконы (равновесные с мантийным субстратом при высоких температурах) имеют изотопный состав кислорода $\delta^{18}\text{O} = 5,3 \pm 0,6\text{‰}$ [6, 15]. Поэтому значение $\delta^{18}\text{O}$ может быть использовано в качестве критерия, позволяющего различать производные ювенильных магм, не претерпевших изменений, от пород, которые подверглись контаминационным или гидротермальным процессам ([14] и др.). Данные по изотопии кислорода цирконов Талнахского интрузива хорошо согласуются со значениями $\delta^{18}\text{O}$, полученными ранее [5] для валовых проб габброидов расслоенной серии (4,7–5,9‰), сульфидсодержащих ультрамафитов (5,2–5,9‰) и пород с такситовой текстурой в нижней части Талнахского интрузива (6,8–8,4‰). Новые результаты свидетельствуют в пользу (i) мантийного происхождения первичных магм, родоначальных для Талнахского интрузива, и (ii) участия корового компонента при формировании сульфидсодержащих пород из такситового горизонта.

Сходство O-изотопного состава изученных цирконов с таковым из мантийных пород ($\delta^{18}\text{O} = 5,3 \pm 0,6\text{‰}$ [6, 15], рис. 1) предполагает, что изотопный состав кислорода для доминирующей выборки талнахских цирконов не был подвержен изменению после их образования. Обоснование глубинной природы цирконов Талнахского интрузива согласуется с результатами изучения их Hf-изотопной систематики. Преобладающая выборка значений изотопного состава гафния цирконов ($\epsilon\text{Hf}_{\text{среднее}} = 9,1 \pm 3,2$; $n = 40$ [10]) отвечает параметрам, характерным для “ювенильного” мантийного источника и свидетельствует об участии вещества деплетированной мантии в первичных расплавах Талнахского интрузива. Таким образом, данные по изотопии кислорода явля-

ются ключевым источником информации для обоснования ведущей роли мантийных производных при генерации интрузивов “норильского типа”.

Благодарности. Авторы признательны Л. Мартин за помощь в аналитической лаборатории.

Источники финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН № АААА-А18-118052590026-5 при поддержке Ведущего центра по изучению флюидных систем от ядра к коре (ARC Centre of Excellence for Core to Crust Fluid Systems, <http://www.cafs.mq.edu.au>) Университета Маквори (грант FT110100685) и РФФИ (грант № 18–05–70073–Ресурсы Арктики).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистлер В.В., Гроховская Т.Л., Евстигнеева Т.Л., Служеникин С.Ф., Филимонова А.А., Дюжиков О.А., Лапутина И.П. Петрология сульфидного магматического рудообразования. М.: Наука, 1988. 232 с.
2. Золотухин В.В., Рябов В.В., Васильев Ю.Р., Шатков В.А. Петрология Талнахской рудоносной дифференцированной трапповой интрузии. Новосибирск: Наука, 1975. 432 с.
3. Малич К.Н., Баданина И.Ю., Белоусова Е.А., Туганова Е.В. // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 2. С. 163–172.
4. Малич К.Н., Баданина И.Ю., Туганова Е.В. // Литосфера. 2010. № 5. С. 37–63.
5. Покровский Б.Г., Служеникин С.Ф., Криволюцкая Н.А. // Петрология. 2005. Т. 13. № 1. С. 56–80.
6. Cavosie A.J., Kita N.T., Valley J.W. // Amer. Mineral. 2009. V. 94. P. 926–934.
7. Dobretsov N.L., Kirdyashkin A.A., Kirdyashkin A.G., Vernikovskiy V.A., Gladkov I.N. // Lithos. 2008. V. 100. P. 66–92.

8. Kita N.T., Ushikubo T., Fu B., Valley J.W. // Chem. Geol. 2009. V. 264. P. 43–57.
9. Malitch K.N., Belousova E.A., Griffin W.L., Badanina I.Yu., Pearson N.J., Presnyakov S.L., Tuganova E.V. // Contribs Mineral. and Petrol. 2010. V. 159. № 6. P. 753–768.
10. Malitch K.N., Belousova E.A., Griffin W.L., Badanina I.Yu., Latypov R.S., Sluzhenikin S.F. Chapter 7 — New Insights on the Origin of Ultramafic-Mafic Intrusions and Associated Ni-Cu-PGE Sulfide Deposits of the Noril'sk and Taimyr Provinces, Russia: Evidence from Radiogenic- and Stable-Isotope Data. In: Processes and Ore Deposits of Ultramafic Magmas through Space and Time (Mondal S., Griffin W.L. eds.). 1st ed. Elsevier, 2018. P. 197–238.
11. Martin L., Duchêne S., Deloule E., Vanderhaeghe O. // Lithos. 2006. V. 87. P. 174–192.
12. Martin L.A.J., Duchêne S., Deloule E., Vanderhaeghe O. // Earth and Planet. Sci. Lett. 2008. V. 267. P. 161–174.
13. Naldrett A.J. Magmatic Sulfide Deposits. B.; Heidelberg: Springer, 2004. 727 pp.
14. Valley J.W. // Revs Mineral. and Geochem. 2003. V. 53. P. 343–385.
15. Valley J.W., Kinny P.D., Schulze D.J., Spicuzza M.J. // Contribs Mineral. and Petrol. 1998. V. 133. P. 1–11.

OXYGEN ISOTOPE COMPOSITION OF ZIRCONS FROM THE TALNAKH ECONOMIC INTRUSION OF THE NORIL'SK PROVINCE: FIRST DATA

I. Yu. Badanina¹, E. A. Belousova², K. N. Malitch¹, S. F. Sluzhenikin³

¹Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russian Federation

²Macquarie University, Sydney, Australia

³Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry,
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS N.L. Dobretsov October 15, 2018

Received November 7, 2018

This study presents the first results of oxygen isotope analyses ($\delta^{18}\text{O}$) collected on zircons from the Talnakh economic intrusion within the Noril'sk province. Zircons from gabbro-diorite, gabbroic rocks of the layered series and plagioclase-bearing wehrlite have similar mantle-like mean $\delta^{18}\text{O}$ values ($5,39 \pm 0,49\%$; $5,64 \pm 0,48\%$ and of $5,28 \pm 0,34\%$, respectively), which differ from $\delta^{18}\text{O}$ in zircons from sulfide-bearing melanocratic troctolite with a taxitic texture in the lower part of the intrusion (mean $\delta^{18}\text{O} = 6,50 \pm 0,98\%$). These new oxygen isotope data support (i) the mantle-derived origin of the primary magma(s), parental to the Talnakh intrusion, and (ii) possible involvement of a crustal component during the formation of sulfide-bearing taxitic-textured rocks.

Ключевые слова: zircon, oxygen isotope composition, mantle-derived magmas, Talnakh economic intrusion, Noril'sk province, Russia.