

УДК 552.11; 552.124.3

ПЕРВАЯ НАХОДКА ОКСИБОРАТОВ В ПОРОДАХ ИНТРУЗИИ НОРИЛЬСК-1 (СЕВЕРО-ЗАПАД СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

А. Я. Шевко*, В. М. Калугин, М. П. Гора, Н. С. Карманов

Представлено академиком РАН Н.Л. Добрецовым 14.03.2018 г.

Поступило 26.03.2018 г.

В такситовых габбро-долеритах верхнего эндоконтакта интрузии Норильск-1 обнаружены пять минералов бора: котоит $Mg_3(BO_3)_2$, суанит $Mg_2B_2O_5$, варвикит $(Mg, Ti, Fe, Cr, Al)_2O(BO_3)$, людвигит $(Mg)_2Fe^{3+}O_2(BO_3)$ и азопроит $(Mg, Fe^{2+})_2(Fe^{3+}, Ti, Mg)O_2(BO_3)$. Это первая находка оксидоборатов в породах норильских рудоносных интрузий и в Норильском районе в целом. Оксидобораты встречаются в виде включений в оливине в зонах перекристаллизации такситовых габбро-долеритов. Это указывает на то, что процесс их формирования происходил на позднемагматической или постмагматической стадии при взаимодействии пород с бороносными флюидами, связанными с рудоносной интрузией. Микровключения минералов бора могут быть причиной повышенных концентраций бора норильских интрузий, несущих Pt–Cu–Ni-оруденение, что является их характерной особенностью и может быть использовано в качестве поискового критерия.

Ключевые слова: северо-запад Сибирской платформы, интрузия Норильск-1, оксидобораты, котоит, суанит, варвикит, людвигит, азопроит.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524882189-192>

В современных условиях важнейшей проблемой, связанной с освоением Российской Арктики, является выявление новых крупных месторождений стратегически важных полезных ископаемых. Одним из ключевых видов минерального сырья на северо-западе Сибирской платформы являются медно-никелевые руды, появление которых было обусловлено Сибирским плюмом [1].

Важным аспектом в поиске и разведке новых месторождений является выработка надёжных поисковых критериев. Одним из таких критериев для интрузий, несущих платино-медно-никелевое оруденение, является повышенное содержание бора и наличие боросодержащих минералов в контактовых ареолах и внутренних, приконтактовых частях этих интрузий [2–4]. Например, в верхних эндоконтактовых зонах Черногорской и Верхнеталнахской рудоносных интрузий содержание бора достигает 171 и 34 г/т соответственно [5, 6]. При этом кларковое содержание бора для основных пород составляет 5 г/т [7].

Изучение распределения бора в интрузивных породах показало, что бор содержится во всех породообразующих минералах и в качестве изоморфной примеси входит в состав плагиоклаза, пироксена и оливина. При этом, главным концентратом бора является плагиоклаз, в котором содержание бора увеличивается с ростом основности [8].

Это позволило сделать вывод о том, что повышенные концентрации бора в верхней части разреза рудоносных интрузий обусловлены большим количеством основного плагиоклаза [5, 9]. Однако, среднее содержание бора в плагиоклазе из различных дифференциатов Черногорской интрузии варьируется в пределах 19–34 г/т, а Талнахской – 27–32 г/т [8]. Следовательно, одно только обогащение плагиоклазом не может обеспечить аномальных концентраций бора в породах верхних эндоконтактовых зон рудоносных интрузий [5, 6], и следует искать другую причину этого явления.

Цель настоящей работы состояла в выявлении минералов-концентраторов бора в рудоносных интрузиях. Объектом исследования послужили породы верхней эндоконтактовой зоны рудоносной интрузии Норильск-1, вскрытой карьером “Медвежий ручей”. Детальные минералогические исследования привели к обнаружению новых для Норильского района минералов бора в такситовых габбро-долеритах верхнего эндоконтакта интрузии. Изучение их взаимоотношений и определение химического состава выполнялось в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований СО РАН на электронном сканирующем микроскопе MIRA 3 LMU (“Tescan Ltd”) с системой микроанализа INCA Energy 450+ XMax 80 (“Oxford Instruments Ltd.”). Ускоряющее напряжение составляло 20 кВ, ток зонда – 1,6 нА, время набора спектров на образцах – 20–60 с.

Такситовые габбро-долериты верхнего эндоконтакта интрузии Норильск-1 имеют габбровую, офи-

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Новосибирск
E-mail: sp@igm.nsc.ru

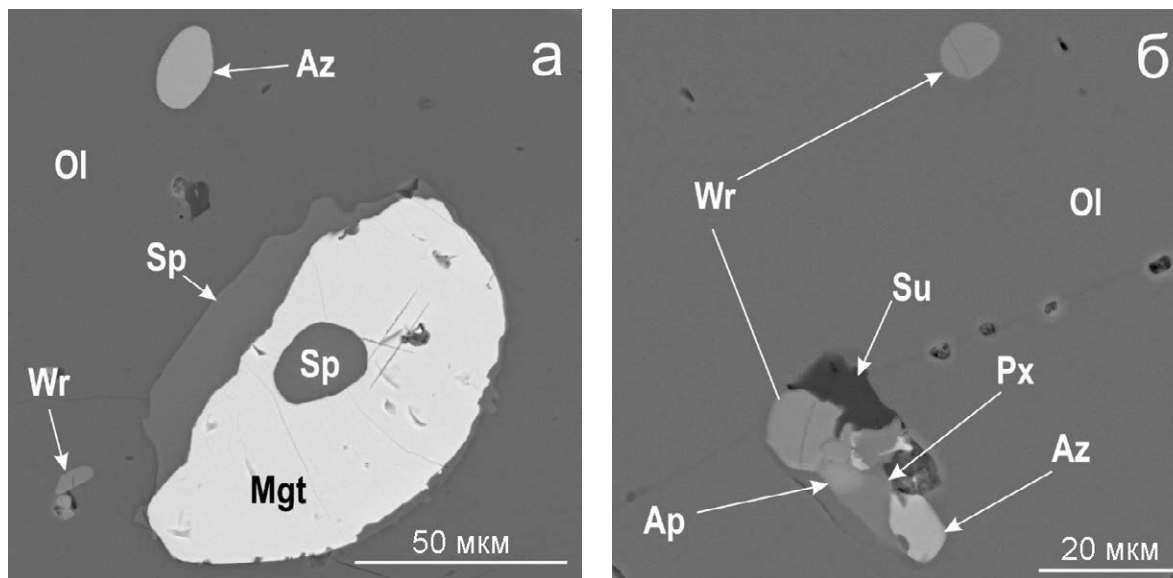


Рис. 1. Включения оксиборатов в оливине. Az – азоприт, Su – суанит, Wr – варвикит, Ol – хризолит, cPx – клинопироксен, Sp – плеонаст, Mgt – титаномagnetит, Ap – апатит. Изображения в обратнорассеянных электронах.

товую и пойкилофитовую структуры и содержат до 20–25% оливина. В породах имеются участки перекристаллизации в виде небольших зональных прожилков мощностью до 3 см, центральная зона которых выполнена агрегатом зёрен титаномagnetита со структурами распада и непрозрачным хлоритоподобным веществом, а внешняя зона сложена зернистым агрегатом оливина с многочисленными включениями шпинелидов.

Минералы бора присутствуют в виде включений в оливине (Fo₈₃–Fo₉₈) на границе между центральной и внешней зоной прожилков. Они представлены варвикитом (Mg, Ti, Fe, Cr, Al)₂O(BO₃), людвигитом (Mg)₂Fe³⁺O₂(BO₃), азопритом (Mg, Fe²⁺)₂ × Fe³⁺, Ti, MgO₂(BO₃), суанитом Mg₂B₂O₅ и котоитом Mg₃(BO₃)₂. Их составы приведены в таблице 1.

Варвикит и азоприт встречаются как в виде отдельных зёрен, так и в сростании с суанитом, высокоглинозёмистым клинопироксеном и фторапатитом (рис. 1). Варвикит образует удлинённые кристаллы коричневатого цвета размером до 25 мкм с явно выраженным плеохроизмом от коричневого до зеленовато-коричневого цвета, а азоприт – округлые тёмные, непрозрачные зёрна размером до 20 мкм (рис. 1а). Варвикит и азоприт имеют высокую отражательную способность. Поэтому их легко спутать с зёрнами плеонаста, особенно когда сечения оксиборатов имеют такую же округлую форму (рис. 1а, б). Людвигит, суанит и котоит встречаются в полиминеральных включениях вместе со шпинелью и фторапатитом. Размер зёрен этих минералов достигает 15 мкм (рис. 1б).

Полученные составы оксиборатов хорошо пересчитываются на формулы минералов с незначительным избытком бора (табл. 1). Структура варвикита и котоита подтверждена данными рамановской спектроскопии. Следует отметить нехарактерную для варвикита примесь оксида циркония 1,3–2,1 мас.% (табл. 1). Возможно, это связано с изоморфным замещением титана цирконием.

Проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. В породах верхнего эндоконтакта интрузии Норильск-1 обнаружено пять аксессуарных борных минералов. Это первая находка оксиборатов в норильских рудоносных интрузиях, которая свидетельствует о том, что причиной повышенных концентраций бора может быть не только изоморфная примесь этого элемента в породообразующих минералах, но и аксессуарная борная минерализация.

2. Находка минералов бора в зонах перекристаллизации такситовых габбро-долеритов указывает на то, что процесс их формирования происходил на позднемагматической или постмагматической стадии при взаимодействии пород с бороносными флюидами, связанными с рудоносной интрузией.

3. Исходными для траппов сибирской платформы и в том числе для рудоносных интрузий являются глубинные магмы, однако наличие бора в этих магмах свидетельствует о контаминации их коровым материалом. Наиболее подходящим источником бора в этом случае являются эвапориты. Можно предположить, что в Норильском районе

Таблица 1. Представительные составы оксиборатов (мас. %)

Комплекс	Варвикит						Людвигит	Азопроит	Суанит	Котоит
TiO ₂	11,11	11,33	11,69	12,74	12,78	13,36	2,00	1,53	н.о.	н.о.
Al ₂ O ₃	5,86	5,71	5,46	4,95	4,67	4,50	12,24	5,42	н.о.	н.о.
FeO	29,07	29,19	29,92	28,89	28,89	28,83	19,81	54,06	8,81	1,31
MnO	0,12	0,14	0,12	0,15	0,12	0,19	н.о.	0,21	0,19	0,18
MgO	25,04	25,12	25,14	26,02	26,02	26,48	42,12	18,39	45,95	60,48
CaO	0,10	0,08	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,10	н.о.	0,28	н.о.
ZrO ₂	1,34	1,38	1,46	1,76	2,11	1,84	0,20	н.о.	н.о.	н.о.
B ₂ O ₃	25,73	27,56	26,31	24,41	25,15	26,79	18,81	19,19	47,3	39,13
Сумма	98,37	100,51	100,10	98,92	99,74	101,99	95,28	98,80	102,53	101,10
Количество катионов (ф. е.)										
Ti	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	<0,1	<0,1	–	–
Al	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5	0,2	–	–
Fe	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	1,7	0,2	<0,1
Mn	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	–	<0,1	<0,1	<0,1
Mg	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	2,1	1,0	1,7	2,8
Ca	<0,1	<0,1	–	–	–	–	<0,1	–	<0,1	–
Zr	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	–	–	–
B	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	2,0	2,1
Сумма	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	4,2	4,1	3,9	4,9

Примечание. н.о. – компонент не обнаружен, ф.е. – формульные единицы. Количество катионов рассчитывалось по кислородному методу.

существуют неизвестные пока слои эвапоритов в нижней части осадочной толщи, которые могли быть источником бора для рудоносных интрузий. Это может стать ещё одним аргументом в пользу гипотезы о контаминации исходных расплавов эвапоритами, как о возможном источнике серы и причине возникновения промышленных концентраций сульфидных руд в норильских месторождениях, от которой в последнее время отказались многие исследователи [10].

Источник финансирования. Исследования выполнены в рамках научно-исследовательской темы ИГМ СО РАН № 0330–2016–0001 и 0330–2016–0003 и при поддержке гранта РФФИ 16–05–01042.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добрецов Н.Л., Похиленко Н.П. // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 1. С. 126–141.
2. Петрология и перспективы рудоносности траппов севера Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1978. 287 с.
3. Поисковые критерии сульфидных руд норильского типа. Новосибирск: Наука, 1978. 167 с.
4. Туровцев Д.М. Контактный метаморфизм норильских интрузий. М.: Научный мир. 2002. 318 с.
5. Альмухамедов А.И., Петров Л.Л. // Геохимия. 1978. № 7. С. 979–990.
6. Ryabov V.V., Shevko A.Ya., Gora M.P. Trap Magmatism and Ore Formation in the Siberian Noril'sk Region. V. 1. Trap Petrology. Series: Modern Approaches in Solid Earth Sciences. В.: Springer. 2014. 390 p.
7. Виноградов А.П. // Геохимия. 1962. № 9. С. 555–571.
8. Анастасенко Г.Ф. // Геохимия. 1973. № 10. С. 1481–1489.
9. Рябов В.В. Ликвация в природных стеклах (на примере траппов). Новосибирск: Наука, 1989. 223 с.
10. Naldrett A.J. Magmatic Sulfide Deposits. Geology, Geochemistry and Exploration. В.: Springer. 2004. 728 p.

THE FIRST DISCOVERY OF OXYBORATES IN THE ROCKS OF THE NORILSK-1 INTRUSION (NORTHWEST OF THE SIBERIAN PLATFORM)

A. Ya. Shevko, V. M. Kalugin, M. P. Gora, N. S. Karmanov

*V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation*

Presented by Academician of the RAS N.L. Dobletsov March 14, 2018

Received March 26, 2018

We found five boron minerals in the taxitic gabbrodolerites near the upper contact of the Norilsk-1 ore-bearing intrusion. These are kotoite $Mg_3(BO_3)_2$, suanite $Mg_2B_2O_5$, warwickite $(Mg, Ti, Fe, Cr, Al)_2O(BO_3)$, ludwigite $(Mg)_2Fe^{3+}O_2(BO_3)$, and azoproite $(Mg, Fe^{2+})_2(Fe^{3+}, Ti, Mg)O_2(BO_3)$. This is the first discovery of oxyborate minerals in the Norilsk province. They form monomineral and polymineral inclusions in olivine grains from the recrystallized areas of the taxitic intrusive rocks. Boron minerals arose at the late stage of the magma crystallization or just after that as a result of the interaction of the rock with the boron-bearing fluid containing in the ore-bearing magma. Presence of the micro inclusions of the oxyborates as well as higher boron content in rocks can be used as a criterion for searching of the Pt-Cu-Ni-bearing intrusions in the Norilsk province.

Keywords: Siberian platform, Norilsk province, Norilsk-1 intrusion, oxyborates, kotoite, suanite, warwickite, ludwigite, azoproite.