

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 549.514.91 (571.5)

**БАДДЕЛЕИТ В ОРЕОЛАХ ФЛЮИДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАД КАПЛЯМИ
СУЛЬФИДОВ В ПИКРИТОВЫХ ГАББРО-ДОЛЕРИТАХ, ПЛАГИОЛЕРЦОЛИТАХ
И ТРОКТОЛИТАХ РУДОНОСНЫХ ИНТРУЗИВОВ НОРИЛЬСКОГО ТИПА**

А.А. СЕРОВА, Э.М. СПИРИДОНОВ

Московский государственный университет

119991, Россия, г. Москва, ГСП-81, Воробьевы горы д.1, e-mail: alevtina.mashkina@gmail.com; ernstspiridon@gmail.com

Во вкрапленных рудах интрузивов Норильского рудного поля в ореолах флюидного воздействия над сульфидными каплями обнаружен ильменит с ламеллями распада бадделеита. Бадделеит содержит до 1 вес. % HfO_2 . Данная находка бадделеита и составы слагающих пневматолитовые ореолы минералов свидетельствуют о том, что на конечных этапах кристаллизации сульфидной жидкости произошло отщепление от неё флюидной фазы, богатой в первую очередь К, Р, Тi, некоторым количеством Zr, REE и летучими компонентами (Cl, F, H_2O , SO_3 и др.). Температура образования ореолов по данным ильменит-титаномагнетитового геотермометра составляет 780—820° С.

Ключевые слова: бадделеит; ильменит; Норильское рудное поле.

**BADDELEYITE IN PNEUMATHOLYTIC AUREOLES ABOVE THE SULFIDE
DROPLETS IN PICRATE GABBRO-DOLERITES, PLAGIOLHERZOLITES
AND TROCTOLITES OF ORE INTRUSIVES OF NORILSK TYPE**

A.A. SEROVA, E.M. SPIRIDONOV

Moscow State University

119991, Russia, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory 1, e-mail: alevtina.mashkina@gmail.com; ernstspiridon@gmail.com

Baddeleyite has been found in disseminated sulfide ores of the Noril'sk ore field within the pneumatholytic aureoles presented above the sulfide droplets. The baddeleyite occurs as lamellae within ilmenite crystals. It contains ≈ 1 wt.% HfO_2 . This new occurrence of baddeleyite and the pneumatholytic aureole mineral assemblage indicates that fluids exsolved from highly fractionated sulfide melts were enriched in K, P, Ti, but also contained Zr, REE and Cl, F, H_2O , SO_3 . The mineral assemblage of the pneumatholytic aureoles is estimated to form at temperatures around 780—820°C based on the titanomagnetite-ilmenite geothermometry.

Key words: baddeleyite, ilmenite, Noril'sk ore field.

Бадделеит, моноклинный ZrO_2 , открытый в 1892 г. Л. Флетчером [7], является характерным акцессорным минералом ненасыщенных кремнезёмом магматических и высокотемпературных метасоматических пород, обычно повышенной щёлочности. Бадделеит развит в цементирующей

массе щелочных и ультраосновных-щелочных пород, карбонатитов, кимберлитов и иных лампрофиров [7, 4, 1, 19, 17]. Бадделеит установлен в ультрамафических кумулятах интрузива Рам [7], сравнительно редко развит в основных породах, чаще всего это анортозиты [18] и лунные базальты [11].

В земных габброидах бадделеит как позднемагматический минерал находится в верхних и нижних горизонтах дифференцированного габбро-долеритового интрузива Норильск-I [5, 6], в дайках о. Аксель Хейберг [14]. Бадделеит, представленный ламеллями распада в ильмените, развит в горизонте пикритовых габбро силла Басистоппен (Гренландия) [15] и в ультраосновных породах Восточных Саян [8]. Грандиозные количества бадделеита — миллионы тонн находятся в поздних производных карбонатитовых массивов Бразилии [12], существенные количества — в камафоритах Балтийского щита и Восточно-Сибирской платформы [2], небольшие — в крайне высокотемпературных магнезиальных скарнах Мадагаскара [13].

В Норильском рудном поле широко развиты вкрапленные руды «капельники», которые размещены в придонных частях интрузивов в горизонтах пикритовых габбро-долеритов, меланократовых троктолитов и плагиолерцолитов. Эти руды содержат изолированные капли сульфидов округлой или овальной форм размером до 6 см. Над их верхней частью расположены оторочки флюидного воздействия толщиной от нескольких долей до 12 мм, эти ореолы слагают высокотитанистый биотит (от 5—6 до 10—11 мас. % TiO_2), хлорапатит, фторапатит, ангидрит, титаномагнетит, ильменит, хлорсодержащий гастингсит, щелочные хлорсодержащие сульфиды — джерфишерит и бартонит [5, 3, 10, 9]. В ореолах флюидного воздействия наблюдается концентрация минералов элементов группы платины [9]. Температура образования ореолов, судя по ильменит-титаномагнетитовому геотермометру, 780—820°C [16], колебания состава ильменита и Ti -магнетита $Ilm_{84.5}-Hem_{15.5}$ — $Ilm_{92.7}-Hem_{7.3}$ и $Mt_{81.3}-Uvs_{18.7}$ — $Mt_{57.7}-Uvs_{42.3}$ соответственно. Наличие оторочек флюидного воздействия свидетельствует о том, что при кристаллизации сульфидных расплавов произошло отщепление флюидной фазы, богатой K , P , Ti , Cl , F , H_2O , S .

Нами впервые в этих ореолах обнаружены тонкие включения (ламелли) бадделеита длиной до 20 мкн (рис. 1, 2) в ильмените. Судя по морфологии, это продукты распада высокотемпературного твёрдого раствора. Эти находки сделаны в образцах Таймырского, Талнахского и Норильского интрузивов. В ильмените магматических пород за пределами ореолов флюидного воздействия подобных включений не наблюдается. Средний состав бадделеита ($n = 4$, мас. %): ZrO_2 96,89, HfO_2 1,15, TiO_2 0,02, Al_2O_3 0,03, Gd_2O_3 0,20, Nd_2O_3 0,11, Er_2O_3 0,04, FeO 0,06, MnO 0,07, сумма 98,57 % (электронный микросонд Camebax Microbeam с волновым детектором, эталоны для Zr и Hf — синтетические ZrO_2 и Na_2HfSiO_5 ; аналитик И.М. Куликова, ИМГРЭ). Состав ильменита с включениями бадделеита,

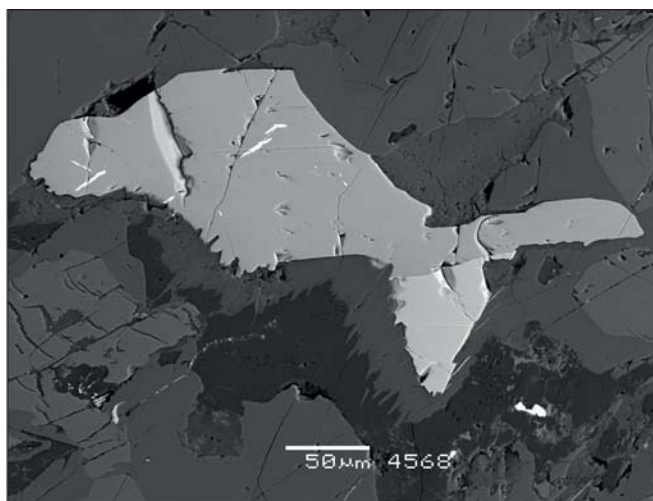


Рис. 1. Ламелли бадделеита (светлые) в ильмените во флюидных ореолах над сульфидными каплями; плагиолерцолиты Таймырского интрузива, рудник Октябрьский; фото в отражённых электронах

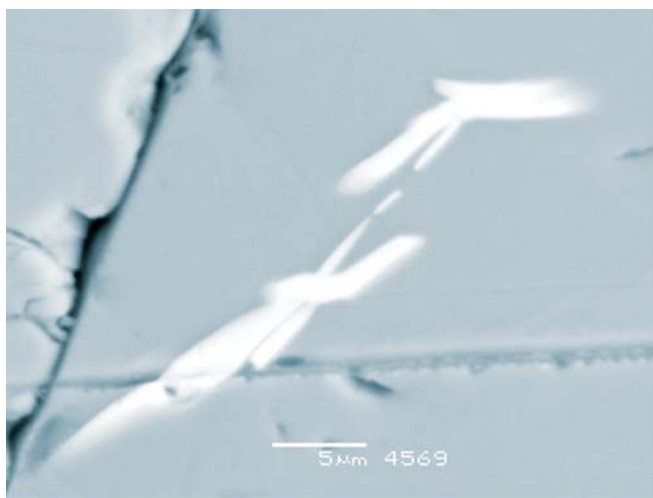


Рис. 2. Деталь рис. 1. Ламелли бадделеита в ильмените; фото в отражённых электронах

мас. % ($n = 5$): MgO 3,49, FeO 34,95, MnO 0,97, TiO_2 46,85, Fe_2O_3 13,93, Al_2O_3 0,13, Cr_2O_3 0,31, Nb_2O_5 0,21, сумма 100,84 %.

Находка бадделеита в ореолах флюидного воздействия над сульфидными каплями — новый штрих в картине формирования сульфидного оруденения в интрузивах норильского типа. Таким образом, во флюиде, выделенном при кристаллизации сульфидных расплавов, при высокой температуре мигрировали не только Ti и P , но и Zr , Hf , REE, а система была недосыщена кремнезёмом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-05-00839).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бонштедт-Куплетская Э.М. Бадделеит // Минералы. Т. 2. Вып. 2. М.: Наука, 1965. С. 130–136.
2. Бородин Л.С., Лапин А.В., Харченков А.Г. Редкометалльные камафориты: формация апатит-форстерит-магнетитовых пород в щелочных-ультраосновных и карбонатитовых массивах. М.: Наука, 1973. 176 с.
3. Генкин А.Д., Дистлер В.В., Филимонова А.А. и др. Сульфидные медно-никелевые руды Норильских месторождений. М.: Наука, 1981. 234 с.
4. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. 2 / Ред. К. А. Власов. М.: Наука, 1964. 830 с.
5. Годлевский М.Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района. М.: Госгеолтехиздат, 1959. 89 с.
6. Годлевский М.Н., Надеждина Е.Д. Бадделеит из габбро-долеритовой интрузии Норильск-1 (Сибирская платформа) // Минералы базитов в связи с вопросами петрогенеза. М.: Наука, 1970. С. 177–182.
7. Дэна Дж. Д., Дэна Э.С., Палач Ч.И. др. Система минералогии. Т. 1, 2 полутом. М.: ИЛ, 1951. 420 с.
8. Мехоношин А.С., Парадина Л.Ф. Бадделеит и хромшпинелид из ильменита ультраосновных пород Восточного Саяна // Докл. АН СССР. 1986. Т. 287. № 4. С. 967–969.
9. Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы Норильского рудного поля // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 9. С. 1356–1378.
10. Туровцев Д.М. Контактный метаморфизм Норильских интрузий. М.: Научный мир, 2002. 319 с.
11. Brett R., Gooley R.C., Dowty E. et al. Oxide minerals in lithic fragments from Luna 20 fines // Geochim. Cosmochim. Acta. 1973. Vol. 37. P. 761–773.
12. Franco R.R. Loewenstein W. Zr from the region of Pocos de Caldas // Amer. Mineral. 1948. Vol. 33. P. 142–151.
13. Güübelin E.J., Peretti A. Sapphires from Andranondambo mine in SE Madagascar: evidence for metasomatic karn formation // J. Gemm. 1997. Vol. 25. P. 453–470.
14. Keil K., Pricker P.E. Baddeleyite (ZrO_2) in gabbroic rocks from Axel Heiberg Island, Canadian Arctic Archipelago // Amer. Mineral. 1974. Vol. 59. P. 249–253.
15. Naslund H.R. Lamellae of baddeleyite and Fe-Cr-spinel in ilmenite from the Basistoppen sill, east Greenland // Canad. Mineral. 1987. Vol. 25. P. 91–96.
16. Powell R., Powell M. Geothermometry and oxygen barometry using coexisting iron-titanium oxides: a reappraisal // Mineral. Mag. 1977. Vol. 41. P. 257–263.
17. Scatena-Wachel D.E., Jones A.P. Primary baddeleyite (ZrO_2) in kimberlite from Benfontein, South Africa // Mineral. Mag. 1984. Vol. 48. P. 257–261.
18. Scoates J.S., Chamberlain K.R. Baddeleyite (ZrO_2) and zircon ($ZrSiO_4$) from anorthositic rocks of the Laramie anorthosite complex, Wyoming: petrologic consequences and U-Pb ages // Amer. Mineral. 1995. Vol. 80. P. 1317–1327.
19. Widenfalk L., Gorbatschev R. A note on a new occurrence of baddeleyite in larvikite from Larvik, Norway // Norsk Geol. Tidsskr. 1971. Vol. 51. P. 93–94.