

## ЦИРКОНИЕВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РОДИНГИТАХ БАЖЕНОВСКОГО ОФИОЛИТОВОГО КОМПЛЕКСА

© 2013 г. Ю. В. Ерохин, В. В. Хиллер

Баженовский офиолитовый комплекс расположен в окрестностях г. Асбест и вмещает единственное месторождение хризотил-асбеста. Родингиты широко распространены в пределах гипербазитов в виде дайковых тел, развитых по габброидному и диоритовому субстрату. Их минералогия и петрохимия детально описаны в двух монографиях [1, 4], а также в большом количестве различных публикаций. Минеральный состав родингитов Баженовского комплекса достаточно однообразен и главным образом состоит из граната (гроссуляра, реже андрадита), пироксена (диопсида, очень редко геденбергита), везувиана и клинохлора. Остальные минералы являются второстепенными, хотя отмечаются исключения. Так, матрицу гидротермально-измененных аподиоритовых родингитов в основном составляют цеолиты (натролит, сколецит, шабазит и др.), гидроксиллапофиллит и пренит. Всего в родингитах было диагностировано порядка 80 минеральных видов [1, 2, 6 и др.], причем 4 минерала из них определено впервые для Уральского региона (годлевскит, герхардит, ликазит и волластонит-7Т), а один – касаткинит, – установлен впервые в мире [6].

Впервые циркониевая минерализация в родингитах Баженовского офиолитового комплекса (и вообще на данном объекте) установлена еще в 1997 году, когда было приведено краткое описание бадделеита [7]. Позднее это же описание перекочевало в известную монографию по родингитам [1]. Никаких других находок минералов циркония в указанных метасоматитах не приводилось. В данной статье показана более разнообразная минералогия циркония в родингитах.

**Циркон –  $Zr[SiO_4]$ .** Обнаружен авторами относительно недавно в шлифах апогаббровых родингитов, хотя является типичным аксессуарным минералом всех пород, распространенных в пределах Баженовского офиолитового комплекса. В литературе циркон был упомянут только в 1996 г. [4] в жильных телах диоритов, гранодиоритов и плагиогранитов. В апогаббровых родингитах минерал встречается среди сплошного агрегата везувиана в ассоциации с бадделеитом и другими аксессуарными минералами. Он образует слабо удлиненные и ксеноморфные зерна, размером до 50 мкм по удлинению, и, по всей видимости, является реликтовым минералом габбрового парагенезиса. Химический состав циркона однородный (табл. 1, ан. 1–2),

из примесей отмечается только гафний ( $HfO_2$  до 1.4 мас. %). Большая часть зерен имеет следы замещения и коррозии, что хорошо видно на снимках в режиме обратно-отраженных электронов. Замещенные части циркона характеризуются неоднородным строением и пятнистой окраской и сложены минеральной смесью гиттинсита и вторичного бадделеита.

**Бадделеит –  $ZrO_2$ .** Как отмечалось выше, минерал обнаружен в 1997 г. в апогаббровых родингитах [7]. Зерна бадделеита встречены в виде вростков в кристаллах везувиана. Размеры включений варьируют от 0.01 до 0.5 мм. Мелкие зерна имеют неправильную форму и всегда сильно корродированны, более крупные образуют длинные однородные лейсты. Химический состав бадделеита, по данным микронзондового анализа, отвечает формуле  $Zr_{0.95}Hf_{0.05}O_{2.00}$ . По форме выделений, возможно, является минералом, унаследованным от габброидов [7].

Авторами бадделеит также отмечался в апогаббровых родингитах, а точнее – в центральных частях тел метасоматитов, сложенных сплошным агрегатом везувиана. Минерал слагает обильную вкрапленность в породе в виде слабо удлиненных зерен, размером не более 10–15 мкм. Индивиды бадделеита не содержат следов коррозии или замещений другими минералами, и, по всей видимости, он является новообразованным минералом родингитового парагенезиса, что явно противоречит более ранней публикации. По данным химического состава (см. табл. 1, ан. 3–9), бадделеит слабо обо-

**Таблица 1.** Химический состав циркона и бадделеита (мас. %) из родингитов

№	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	FeO	Сумма
циркон								
1	0.12	65.92	1.31	32.60	–	0.10	0.19	100.24
2	–	65.94	1.35	32.49	–	0.14	0.13	100.06
бадделеит								
3	0.09	93.93	1.90	0.94	0.62	1.28	0.30	99.07
4	0.05	95.04	1.83	0.56	0.42	0.90	0.31	99.10
5	0.17	96.27	2.48	0.65	0.46	1.16	0.25	101.44
6	0.11	96.68	2.59	0.38	0.47	0.96	0.25	101.45
7	0.01	95.68	2.03	0.75	0.29	1.35	0.26	100.38
8	–	96.43	2.01	0.09	0.09	0.55	0.26	99.43
9	0.07	96.69	1.98	0.07	0.08	0.52	0.27	99.68

Примечание: здесь и далее ИГТ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

**Таблица 2.** Химический состав гиттинсита и его смеси с бадделейтом (мас. %)

№	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	FeO	Сумма
гиттинсит								
1	32.92	0.07	38.85	1.13	7.51	18.57	0.31	99.36
2	33.90	0.01	40.16	1.41	5.29	18.70	0.32	99.79
3	33.77	0.06	38.84	1.24	7.11	17.90	0.29	99.21
смесь гиттинсита с бадделейтом								
4	24.19	0.03	52.23	1.10	7.76	14.18	0.23	99.72
5	17.60	0.06	69.80	1.47	4.41	7.09	0.17	100.60
6	11.58	0.08	69.32	1.13	5.76	11.75	0.23	99.85
7	12.27	0.13	67.48	1.45	6.62	12.08	0.29	100.32
8	14.54	0.20	61.75	1.80	8.03	14.04	0.27	100.63
9	12.73	0.09	66.25	1.57	6.98	12.65	0.28	100.55
10	10.51	0.35	72.26	1.74	5.66	9.83	0.30	100.64

гащен примесью гафния (HfO<sub>2</sub> до 2.6 мас. %). При отсутствии следов остальных элементов объясняется влиянием силикатной матрицы.

Бадделейт является типичным акцессорным минералом базитов, карбонатитов, кимберлитов и многих щелочных и субщелочных пород [9 и мн. др.]. Кроме того, он часто встречается в метаморфических и метасоматических породах и даже описан как аутигенный минерал в глубоководных марганцовистых конкрециях [10]. Кстати, на Урале бадделейт был описан в хлоритолитах Куртинского комплекса, а также в виде включений в перовскитах Кусинских копей [5], которые, как известно, заложены на скарновых образованиях.

**Гиттинсит – CaZr[Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>].** Минерал обнаружен авторами при микросондовом изучении кайм замещения и псевдоморфных скоплений по акцессорным цирконам. При детальном рассмотрении оказалось, что эти каймы представлены смесью минералов, причем с высоким содержанием кальция, кремния, циркония и алюминия. Соотношение этих элементов практически всегда различно, но сумма анализов получается в пределах 100%, что говорит о наличии безводных минералов в изучаемой смеси. Отдельные анализы достаточно хорошо рассчитываются на химический состав гиттинсита (табл. 2, ан. 1–3), с небольшой примесью гафния (HfO<sub>2</sub> до 1.4 мас. %) и алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 7.5 мас. %). В остальных анализах кайм замещения идет аномальное завышение по цирконию, что позволяет предполагать присутствие в смеси разных количеств бадделейта (табл. 2, ан. 4–10). Рентгенофазовое изучение минеральной смеси произвести не представляется возможным, т.к. размер этих скоплений не превышает размера акцессорного циркона. Вероятно, образование гиттинсита напрямую связано с родингитовым процессом, в результате которого происходило разрушение матрицы циркона с выделением собственно гиттинсита и вторичного бадделейта.

Гиттинсит достаточно часто встречается в кислых и средних породах субщелочного и щелочного

ряда, где как метаморфический и гидротермальный минерал замещает первичные минералы циркония [8 и др.]. На Урале гиттинсит, по всей видимости, не описывался [3], хотя должен являться обычным минералом для щелочных комплексов Вишневых и Ильменских гор.

Таким образом, в апогаббровых родингитах Баженовского офиолитового комплекса встречаются три минерала циркония – циркон, бадделейт и гиттинсит (вероятно, новый минерал для Урала). Циркон является реликтовым минералом от габбрового парагенезиса и во время процесса родингитизации частично или полностью замещился смесью гиттинсита с бадделейтом. В этих же родингитах, исключительно в ассоциации с везувианом (породообразующим и в кристаллических щетках), отмечается вкрапленность чистого бадделейта, который также формировался во время родингитового процесса. Из этого вытекает важное следствие: как известно, циркон и бадделейт в силу своей высокой устойчивости широко используются для изотопного датирования пород. В нашем случае, циркон из родингитов Баженовского офиолитового комплекса для датирования нежелательно использовать, т.к. вторичные процессы наверняка нарушили первичные изотопные отношения. При этом бадделейт в случае датирования покажет время родингитизации габброидных даек.

*Работа подготовлена в рамках проектов УрО РАН (12-П-5-1017 и 12-5-021-НДР).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А.А. Минералогия родингитов Баженовского гипербазитового массива. СПб.: Наука, 2003. 128 с.
2. Ерохин Ю.В. Минералогия Баженовского офиолитового комплекса. Автореферат дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. 29 с.
3. Кобяшев Ю.С., Никаноров С.Н. Минералы Урала (минеральные виды и разновидности). Екатеринбург: Издательство КВАДРАТ, 2007. 312 с.
4. Минералогия родингитов Баженовского месторождения хризотил-асбеста. Екатеринбург: УГГГА, 1996. 96 с.
5. Нестеров А.Р., Белковский А.И. Минералогия уральского бадделейта // Мат-лы Уральской летней минералогической школы – 96. Екатеринбург: УГГГА, 1996. С. 186.
6. Пеков И.В., Чуканов Н.В., Филинчук Я.Е. и др. Касаткинит Ва<sub>2</sub>Са<sub>8</sub>В<sub>5</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>32</sub>(ОН)<sub>3</sub>·6Н<sub>2</sub>O – новый минерал из Баженовского месторождения (Средний Урал, Россия) // Записки РМО. 2012. Ч. 141. Вып. 3. С. 39–49.
7. Попель И.А., Нестеров А.Р., Антонов А.А. О находке бадделейта в родингитах Баженовского месторождения (Средний Урал) // Мат-лы Уральской летней минералогической школы. Екатеринбург: УГГГА, 1997. С. 218–219.
8. Ansell H.G., Roberts A.C., Plant A.G., Sturman B.D.

- Gittinsite, a new calcium zirconium silicate from the Kipawa apatitic syenite complex, Quebec // *Canad. Mineral.* 1980. V. 18. P. 201–203.
9. *Keil K., Fricker P.E.* Baddeleyite ( $ZrO_2$ ) in gabbroic rocks from Axel Heiberg Island, Canadian Arctic Archipelago // *Amer. Mineral.* 1974. V. 59. P. 249–253.
10. *Nayak B., Das S.K., Bhattacharyya K.K.* Baddeleyite ( $ZrO_2$ ) in manganese nodules of Central Indian Ocean Basin: An evidence for low temperature mobility of zirconium // Abstracts of the 19th annual V.M. Goldschmidt conference. Switzerland, Davos, 2009. P. 933.